Die Magnesite und Siderite der Alpen

Vergleichende Lagerstättenstudien

Von

Wilhelm Petrascheck, Leoben

(Mit 6 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 28. Jänner 1932)

Vergleichende Untersuchungen an den Minerallagerstätten führten mich zur Erkenntnis, daß eine große Gruppe jüngerer Lagerstätten zu unterscheiden ist von älteren. Die jüngeren sind entstanden, als die Faltung, beziehungsweise der Deckenbau zur Hauptsache schon fertig war, während die Regionalmetamorphose der älteren erkennen läßt, daß sie prätektonisch sind. Zu den jungen Lagerstätten gehören die Golderzgänge der Zentralzone, die Magnesit- und Sideritlagerstätten und die mit ihnen in Verbindung stehenden Kupfer, beziehungsweise Nickellagerstätten, die zur Hauptsache in der Grauwackenzone liegen, und schließlich die Blei-Zink-Lagerstätten. Stoffliche Verwandtschaft, gleiche Mineralsukzession und Übergangstypen zeigen die Zusammengehörigkeit dieser Minerallagerstätten an, deren Verschiedenartigkeit vor allem auf der Tiefe des Bildungsraumes beruht. Jung sind auch die Antimon- und Quecksilberlagerstätten, für die jedoch ein Zusammenhang mit den vorgenannten Lagerstätten nicht nachweisbar ist.

Mit den Blei-Zink-Lagerstätten hat sich auch Tornquist eingehend beschäftigt. Auch er hält sie für posttektonisch und jung, auch er findet eine Zusammengehörigkeit mit den Golderzgängen. In der Datierung ihrer Entstehung geht Tornquist sogar bis ins Pliozän, während ich für die hier zu behandelnden Lagerstätten das Alter als Untermiozän festlegen werde.

Gerade für die Eisenerze der Ostalpen ist in letzter Zeit das Alter mehrfach diskutiert worden. Prätektonisch ist das Ergebnis der Untersuchungen von Kern und von Hießleitner am Erzberg und in seiner Umgebung, paratektonisch ist die Auffassung von Redlich und Preclik. Ich hatte mich zunächst etwas vorsichtig ausgedrückt: die Tektonik war zur Hauptsache fertig, wobei es aber immer noch auch jüngere Bewegungen gibt. Aber die Erzlagerstätten haben tektonisch nicht viel mehr mitgemacht als die miozänen Kohlenlager der Alpen. Das war eine mehr gefühlsmäßige Altersbestimmung auf Grund des tektonischen Verhaltens.

Die seinerzeit kurz und andeutungsweise mitgeteilten Beobachtungen sollen hier bezüglich der Siderite und Magnesite näher begründet werden, um die Zusammenhänge klarzulegen. Manches,

was von mir im Laufe der Jahre gefunden worden war, war inzwischen auch von anderer Seite erkannt worden oder bei gemeinsamen Exkursionen besprochen worden und fand allmählich seinen Weg in die Literatur. Das erklärt gewisse Wiederholungen, die im folgenden zu finden sein werden. Es kommt mir namentlich auch darauf an, die Zusammengehörigkeit der Magnesit-, Siderit- und Kupferlagerstätten in den Alpen zu zeigen. Redlich, dem so viele grundlegende Forschungen über diese Lagerstättentypen zu verdanken sind, hat diese Zusammenhänge von Anbeginn klar erkannt und betont (1903, p. 291). Immerhin sind seitdem Äußerungen gefallen, die darauf abzielen, einen Unterschied zwischen diesen Lagerstätten zu finden. Ebenso wird das Verhältnis zu den Kieslagerstätten verschieden gedeutet. Nachdem Redlich sich vorher ausdrücklich auch auf Kallwang und Öblarn bezogen hatte, schrieb er wörtlich: Ein inniges Band verknüpft unsere Kieslagerstätten mit den Sideriten und Ankeriten der Nordalpen. Für die Kupferlagerstätten vom Typus Mitterberg vermutet Hießleitner, daß jüngere, von der Sideritentstehung unabhängige Gangbildungen vorliegen. Letztere Frage soll unten näher diskutiert werden. Die Unabhängigkeit der Kiese vom Typus Kallwang geht m. E. deutlich daraus hervor, daß diese zusammen mit ihrem Nebengestein eine unter Streß verlaufende Regionalmetamorphose erfahren haben, die den Magnesiten und Sideriten, wie hier näher gezeigt werden soll, völlig fehlt.

Zonare Verbreitung.

Lange schon fiel auf, daß die Magnesite und Siderite in den Alpen zonar angeordnet sind. Die Eisenerze nehmen eine nördlichere, der Trias nähere Zone ein als die Magnesite. Daß jene in Silur-Devon-Kalk, diese in einer tieferen Karbondecke liegen, ist hierfür nicht ausschlaggebend, weil beiden Mineralen keine strenge Niveaubeständigkeit zukommt. Auch innerhalb der Magnesite selbst wiederholt sich die zonare Anordnung derart, daß der Trias näherliegende Vorkommen gewöhnlich eisenreicher sind.

Hie und da zeigt die zonare Anordnung Störungen. Am Fuße des Grimming (St. Martin an der Enns) sowohl wie bei Dienten tritt die Magnesitzone hart an die Trias heran. In beiden Fällen zeigt dann die benachbarte Trias metasomatische Sideritlager (Rötelstein bei Aussee, St. Anna im Lammertal, Höllen bei Werfen, beziehungsweise Dientner Alm am Fuße des Hochkönigs).

In Kärnten liegt südlich vom Magnesit von Tragail der Siderit von Zlan und weiter südlich die Trias mit ihren Pb Zn-Erzen.

Im Kärntner Nockgebiet liegen die Eisensteine von Innerkrems und die eisenreichen Magnesite von St. Oswald der auflagernden Trias am nächsten, tiefer liegt der eisenarme Magnesit der Millstätter Alpe.

Südlich der Magnesite des Semmerings ist das Mesozoikum an seinem Südrand neuerlich von einer Spateisensteinzone begleitet.

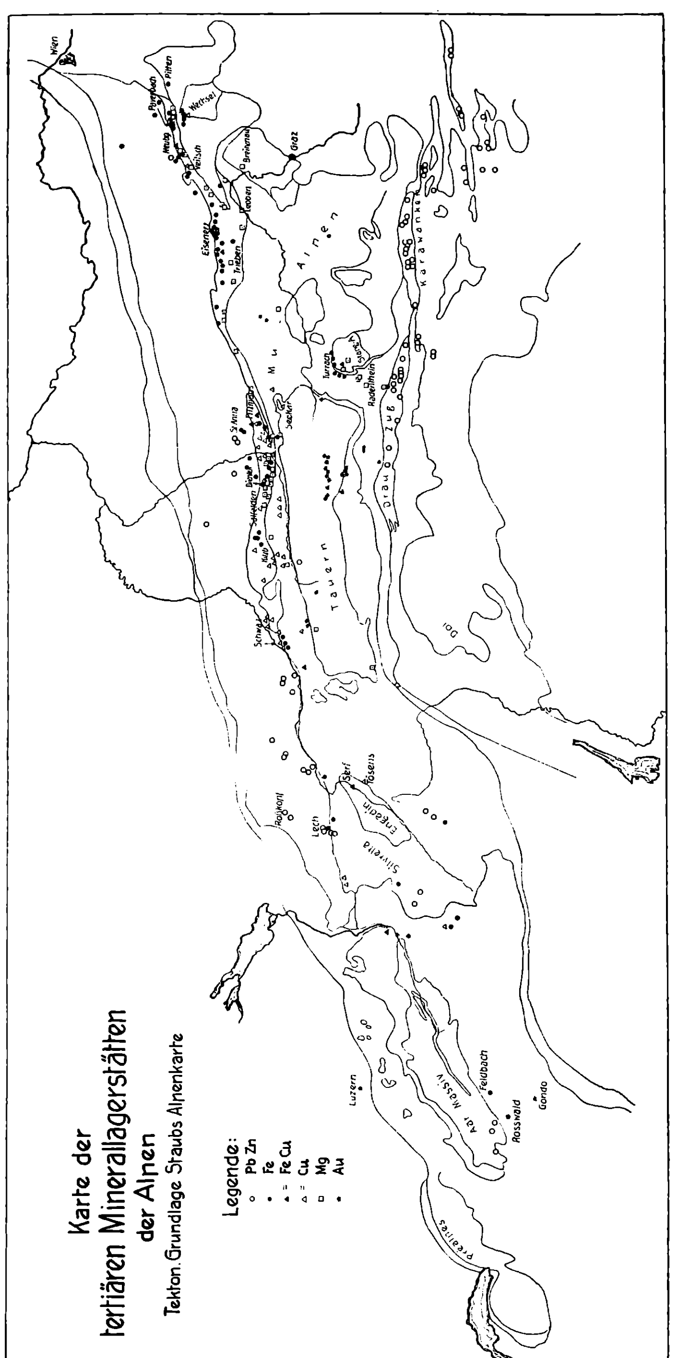

Karte der
tertiären Minerallagerstätten
der Alpen
Tekton. Grundlage Staubs Alpenkarte
Legende:
Pb Zn
Fe
Fe Cu
Cu
Mg
Au
Wien
Pitten
Payerbach
Wechsel
Veitsch
Breitenau
Graz
Leoben
Eisenerz
Triebn
Karawanken
Turrach
Radenthein
Seckar
St. Anna
Schwaz
Tauern
Drauzug
Serf
Lech
Silvretta
Engadin
Luzern
Feldbach
Rosswald
Gondo
Aar Massiv
Prealpes

Fig. 1.

Darunter fehlt es an Gesteinen, in denen Magnesit sich hätte ansiedeln können. Es sei aber auf die, in den hier weit verbreiteten Grobgneisen so häufigen Leukophyllite hingewiesen, die nach Vendel durch aufsteigende, magnesiahältige Lösungen gebildet wurden. Schließlich kann auch der Magnesit von Stanz und jener der Breitenau erwähnt werden. Eine Wiederholung der Zonen ist also angedeutet.

Analoges sieht man in der Slowakei. Der Trias, auch dort mit Blei- und Zinkerzen, am nächsten ist die Sideritzone und etwas weiter, hier nördlicher, liegt die Magnesitzone.

Keine stratigraphische Niveaubeständigkeit.

Mit dem Magnesit der Veitsch stehen fossilreiche Schiefer in so innigem Verbande, daß man an stratigraphischer Wechsellagerung von Schiefer und Kalk nicht zweifeln kann. Die Schiefer haben karbonische Faunen geliefert. Die Deutung neigt heute mehr zu Oberkarbon. Aus dem Kalk des Triebensteins hat Heritsch Productus giganteus, aber auch devonische Korallen namhaft gemacht. Nach Redlich kommen zwar unbestimmbare, aber gleiche Korallen im magnesitführenden Dolomit von Veitsch vor. Bekannt ist das reichliche Auftreten von Crinoiden neben dem Magnesit in Veitsch Charakteristisch sind sehr große Stielglieder mit auffällig weitem Nahrungskanal. Eben dieselben Crinoiden fand ich im magnesitführenden Karbon des Häuselberges bei Leoben, von Wald und von Trieben. Das scheint in der Tat auf ein stratigraphisches Niveau hinzudeuten. Nach den neuesten Untersuchungen von Aigner besteht aber kein Zweifel, daß in Dienten silurische Kalke Magnesit führen. Mutmaßlich altpaläozoisch sind auch die magnesitführenden Gesteine in Kärnten. Gleiches gilt für jene des Zillertales. Im Ortlergebiet liegt der Magnesit in der Trias und darunterliegenden Phylliten. Krystalline Schiefer enthalten Magnesit bei Sterzing, Radenthein und Oberwölz. Es besteht also nicht einmal in der Grauwackenzone Niveaubeständigkeit des Magnesits. Wenn Berta Duftschmid-Wilser die Magnesite auf Korallenriffe zurückführen will, so müßten solche auch in Schichten bestanden haben, aus denen man sie sonst in den Ostalpen nicht kennt.

Auch für den Siderit gibt es keine strenge Niveaubeständigkeit. Der erzführende Kalk in der Umgebung von Eisenerz gilt als Silur-Devon. Hießleitner glaubt in der Umgebung von Eisenerz und Radmer allerdings gefunden zu haben, daß eine bestimmte Schicht des erzführenden Kalkes die reichlichste Vererzung zeigt. Im Gerichtsgraben bei Eisenerz fand Hießleitner immerhin Vererzung, auch in älteren Kalken. Gegen O bleiben die Spateisensteine bis in das Gebiet von Neuberg im erzführenden Kalk. Im Semmeringgebiet sind Konglomerate, die als altpaläeozoïsch gelten, erzführend. Das Übergreifen der Siderite in die Trias der Kalkalpen wurde schon erwähnt. Auch Einfaltungen mesozoischer Kalke im

Bereich der Grauwackenzone enthalten Sideritlagerstätten. Wieder ist weder im großen, noch innerhalb der Einzelgebiete eine solche Niveaubeständigkeit vorhanden, daß man dieser einen Einfluß bei der Selektion in der Metasomatose zuschreiben könnte.

Die stratigraphische Niveaubeständigkeit besteht in der Grauwackenzone nur so lange als die Silur-Devon-Decke auf der Karbondecke liegt. Wo diese tektonische Überlagerung aufhört, geht die zonare Verteilung auf das Silur über, wodurch klar wird, daß es die Tiefenlage und nicht das stratigraphische Niveau ist, was die zonare Anordnung bedingt.

Geht man in Tirol weiter nach W, so geht bei Erhaltung der zonaren Anordnung das stratigraphische Niveau noch weiter verloren, denn die Erze von Serfaus liegen im Fenster des Engadin im Bündener Schiefer und Zechsteinkalk und im Montafon (Vorarlberg) sind es krystalline Schiefer, in denen nahe an der Basis der Trias ganz analoge Erzgänge auftreten.

Sedimentäre Magnesite und Siderite.

In den Veröffentlichungen Roszas tauchte wieder die Theorie sedimentärer Entstehung der alpinen Siderite und Magnesite auf. Für letztere fand sie gewisse Anhängerschaft. Obwohl anerkanntermaßen unhaltbar, möge die Theorie beleuchtet werden, weil die Entstehung solcher Sedimente nicht weit genug bekannt ist. Daß Siderit nur bei Abwesenheit von Sauerstoff sedimentieren kann, ist allgemein bekannt. Das ist also eine Bildungsbedingung, die nicht immer leicht erfüllbar war. Die weite Verbreitung und Niveauunbeständigkeit steht dazu in Widerspruch.

Sedimentäre Magnesite sind selten und wenig gekannt. Es handelt sich um Hydromagnesite, da sich aus Wasser bei gewöhnlichen Temperaturen wasserhältiges Karbonat ausscheidet. Ich hatte Gelegenheit ein europäisches Vorkommen zu finden und zu studieren. Dort war der Hydromagnesit ein Süßwassersediment. Das gilt auch für jenen des französischen Departement Gard und mutmaßlich auch für die sedimentären Magnesite von Nevada. Anders als im Südwasserbecken sind wohl auch so hohe Magnesiakonzentrationen nicht leicht möglich. Nur Salzseen könnten sie noch liefern. Der Vergleich mit diesen ist jedoch für die Magnesitlager nicht gangbar, da alle anderen salinaren Gesteine fehlen. Alle sedimentären Magnesite sind äußerst feinschichtig. Gleiches ist bei manchen alpinen Magnesitvorkommen, z. B. Breitenau der Fall. Auch die Wechsellagerung mit dolomitischem und kalkigem Material würde sedimentären und krystallinen Magnesiten gemeinsam sein. Trotz der schneeweißen Farbe sind die sedimentären Magnesite bituminös. Auch dieses Bitumen könnte man im Graphit neben manchen Stöcken krystallinen Magnesits oder im Graphitschiefer gewisser Pinolite (Trieben), durch die Metamorphose verändert und verlagert, wieder finden wollen. Die sedimentären Magnesite zeigen

einen wechselnden, oft hohen Kieselsäuregehalt. Dünne Hornstein- oder Opalbänder sind ihnen eingelagert. Das fehlt den alpinen Magnesiten ganz.

Da alle alpinen Magnesite in marinen Schichten, beziehungsweise marinen Kalken liegen, kommt eine Entstehung aus Hydromagnesitlagern durch Metamorphose nicht in Betracht.

Volumenzunahme oder -abnahme.

Redlich ist der Ansicht, daß die Umwandlung des Kalkes zu Siderit, beziehungsweise zu Magnesit unter Volumenvermehrung vor sich gegangen sei. Zusammenstauchungen der die Mineralmassen umgebenden Schiefer mögen damit zusammenhängen. Mohr hingegen dachte an einen Prozeß, den er Eklektogenese nennt, bei dem für die Entstehung von Magnesit aus Dolomit das Kalziumkarbonat ausgelaugt werden soll. Das wäre ein Prozeß mit Volumenabnahme. Schwinner endlich nimmt eine Art Molekülwanderung an nach Art der Bildung der Konkretionen, bei denen eine Raumveränderung keine Rolle spielt. Nach Ansicht von Kittl liegen in den Magnesiten der Hohenburg bei Leoben Hohlraumausfüllungen vor. Verdrängung von Kalk darf wie im folgenden auch hervorgehoben wird, für alle Magnesit- und Sideritlagerstätten gelten, die nicht Spaltenausfüllungen sind.

Das Molekularvolumen beträgt bei

Kalziumkarbonat	37·0
Magnesiumkarbonat	28·1
Ferrokarbonat	30·0

Die Umwandlung von Kalk in Magnesit, beziehungsweise Siderit ist also mit einer Volumenabnahme von 24·3, beziehungsweise 18·9% verbunden. Ist das Ausgangsmaterial nicht Kalk, sondern Dolomit, so ist die Schwindung entsprechend kleiner. Das durch Umwandlung entstehende Gestein muß also kavernös sein. Es sei auf die erzführenden Dolomite von Bleiberg in Kärnten oder im oberschlesischen Muschelkalk hingewiesen, um die Schwindung auch bei der Dolomitisierung zu belegen. Der Asmarikalk in den persischen Ölfeldern zeigt die Porosität ebenso wie die Kalke mancher amerikanischer Ölreviere, bei denen man die Dolomitisierung auf Einwirkung von Chlormagnesiumlauge zurückführt.

Fast alle metasomatischen Magnesite und Siderite lassen erkennen, daß sie ursprünglich kavernös waren. Der Magnesit von Oberdorf zeigt heute noch viele, kleine Hohlräume, in die die Krystallspitzen der Magnesitkörner hineinreichen. Feindrusiger Siderit ist auf der Maschinetage des Erzberges zu sehen. In der Regel jedoch sind diese Hohlräume ausgefüllt mit grobspätigem, weißem Dolomit. Das sind die von den Arbeitern Roßzähne genannten großen Dolomitkrystalle, die man so oft im

Magnesit von Veitsch, Leoben, von der Stangalpe, von Trageil, von Dienten, dem Jetzbach und der Breitenau, seltener in dem von Trieben, Wald, vom Semmering und anderen Orten, viel im Siderit des Erzberges und der Hohen Veitsch findet. Die slowakischen Magnesite zeigen dies ebenso wie jene von Satka im Ural und jene der Mandschurei. In Bilbao findet man dieselben Roßzähne wie am Erzberg. Die Schürfungen, welche um 1920 auf der Hohenburg unweit Leoben betrieben wurden, zeigten besonders deutlich, daß dieser Dolomitspat Krystalldrusen im Magnesit erfüllt. Bei einiger Aufmerksamkeit kann man dies bei allen anderen Vorkommen von Magnesit und Siderit bestätigt finden.

Die Literatur zeigt, daß diese Dolomitspäte oft für sekundäre, d. h. deszente Ausfüllungen gehalten werden. Das ist bestimmt nicht der Fall. Es wird unten gezeigt werden, daß sie in unmittelbarem Anschluß an die Metasomatose durch aszendente Lösungen entstanden sind.

Unweit Saalfelden ist im Jetzbachgraben in einem Schurfstollen eine 30 *cm* dicke, in Schiefer eingelagerte Magnesitbank aufgeschlossen. Der feinschichtige Magnesit wird senkrecht zur Schichtung in regelmäßigen, etwa halbmetrigen Abständen von 3 *cm* breiten Gängen verquert. Diese bestehen an den Salbändern aus gelbbraunem Ankerit, in der Mitte aus einem Gemenge von Quarz und weißem Dolomit. Ing. Koderhold analysierte beides im Geologischen Institut mit folgendem Resultat:

	Ankerit	Quarz-Dolomit-Gemenge
SiO_2.	2·5%	52·5%
FeO	8·4	2·0
CaO	20·9	14·4
MgO.	17·5	12·0
Glühverl.	48·4	19·9

Der Magnesit des Jetzbachvorkommens hat im Durchschnitt 6 bis 8% FeO.

Diese kurzen Gänge halte ich für Schwundspalten, die am Ende der Umwandlung von Kalk in Magnesit von dolomitischen Restlösungen ausgefüllt wurden. Ebenso mag mindestens ein Teil der Dolomitgänge, die man in allen Magnesitlagerstätten treffen kann, in der ersten Anlage auf Schwundspalten zurückgehen, wenn sie auch oft unter gleichzeitiger Wirkung von Gebirgsdruck verbreitert sein mögen.

Es ist also bezeichnend, daß gerade schneeweiße Dolomite als Lösungsabsatz auf die Metasomatose folgen. Eisenhältige Nachschübe, wie sie der Ankerit vom Jetzbach zeigt, sind auch am Erzberge nichts ungewöhnliches.

Petrographische Untersuchungsmethoden.

Die Unterscheidung der Karbonate des Mg, Ca und Fe ist sowohl im Handstück wie auch im Dünnschliff nicht immer leicht

und wird durch das Auftreten von Doppelsalzen und Mischkrystallen erschwert. Das Auge kann sich schulen, aber der Habitus der Erze und Gemische ist nicht immer gleich. Man kann mit den Erfahrungen, die man z. B. am Erzberge für die Unterscheidung von Siderit und Ankerit gesammelt hat, nicht nach Bilbao gehen. Mit den Erfahrungen von Veitsch wird man in Oberdorf oder Wald nicht auskommen. Für den Feldgebrauch ist die Salzsäureflasche immer noch der zuverlässigste Behelf. Bei einiger Erfahrung kann man leicht am Brausen des unter dem Hammerschlag entstandenen Pulvers einige Prozente $CaCO_3$-Gehaltes im Magnesit sowohl wie im Siderit abschätzen. Am Erzberge ist der reinste Siderit feinkrystallin und geht dort unter dem Namen Flinz. Auch dieser weist in der Regel einen Kalkgehalt von 1 bis 2% auf, der dem Siderit isomorph beigemischt und nicht als Ankerit eingeschlossen ist.

Wenn auch Siderit und Ankerit, Magnesit und Dolomit nach Lichtbrechung und Pseudopleochroismus erzeugender Trübung unter dem Mikroskop unterscheidbar sind, mehren sich doch die Schwierigkeiten, wenn Zwischenglieder vorliegen. Auch ist die Trübung nicht immer vorhanden, fehlt z. B in der randlichen Partie mancher Körner, ohne daß eine Änderung der Zusammensetzung wahrscheinlich ist. Das war Ursache, auf Leitmeier's Resultaten aufbauend, nach Färbemethoden zu suchen, worüber F. Schwarz berichtet hat. Frank Schwarz fand, daß Siderit und Ankerit, aber auch Magnesit und Dolomit durch alizarinsulfosaures Natrium hinreichend gut unterschieden werden können.

Angel hat sich mit dem gleichen Problem beschäftigt und KOH zur Unterscheidung von Siderit und Ankerit empfohlen, eine Methode, die sich in der Tat bewährt, solange nicht auch Zwischenglieder in Frage kommen. Als Schnellmethode erwies sich Erhitzung, eventuell im Anschliff oder ultraviolettes Licht in bestimmten Fällen brauchbar.

Siderit wird im ultravioletten Licht grün. In weißem Magnesit kann man die geringsten, eisenhältigeren Teile auf diese Art gut sichtbar machen. Man erkennt dadurch, daß in homogen weißem, aber schichtig erscheinendem Oberdorfer Magnesit der Eisengehalt in den Schichten ungleich verteilt ist. Bei anderen, homogen scheinenden, weißen Magnesiten erkennt man dagegen, daß sie ein unregelmäßiges Gemenge von reinen und etwas eisenhältigen Körnern sind (Breitenau, auch Kanada). In diesen beiden Fällen wird man die ungleiche Verteilung des Eisengehaltes als primär, d. h. vom Kalk übernommen, betrachten dürfen.

Durch Erhitzen von polierten Anschliffen auf 500° kann man im Magnesit feinste Dolomitadern sichtbar machen. Der Dolomit behält seine Politur, während der Magnesit matt wird (Dissoziationstemperatur niederer). Auch Unterschiede im Eisengehalt des Magnesits machen sich dabei an der Verfärbung bemerkbar. Der Siderit nimmt tiefbraune Farbe an und wird gleichfalls matt. Der Grad der Verfärbung unterscheidet ihn von Ankerit. An der verschiedenartigen

Braunfärbung mancher angeschliffener Sideritstücke, beispielsweise vom Erzberg, kann man erkennen, daß neben Siderit, Ankerit oder eisenschüssiger Dolomit, vielleicht auch noch andere Zwischenstufen mit verschiedenen Eisengehalten vorhanden sind. Zutreffend hat Redlich schon 1903 gesagt, daß die Karbonate von Mg, Ca, Fe auf diesen Lagerstätten teils mechanisch gemischt, teils chemisch (isomorph) gemischt vorhanden sind. Allerdings ist nicht ersichtlich, wie weit sich diese Äußerung schon auf spezielle petrographische Untersuchungen stützt.

Mineralsukzession der Magnesitlagerstätten.

Es wurde schon erwähnt, daß der Magnesit, so wie der Siderit, infolge der mit der Metasomatose verbundenen Schwindung, als drusige Masse entstanden sind. Die nächste Mineralfüllung ist weißer Dolomit, der als Spat die Drusen ausfüllt. Selten kommt es vor, daß dieser Dolomit durch graphitische Substanz grau gefärbt ist.

Jünger als diese »Roßzähne« sind bis 20 *cm* breite, subparallele Gänge von körnigem, weißem Dolomit. Bei dünnen Gängen solcher Art kann man meist erkennen, daß ihre Körner mit dem Karbonat des Nebengesteins (Magnesit) in krystallographischer Orientierung verwachsen sind.

Jünger als diese Dolomitgänge, sie demnach verquerend, sind Milchquarzgänge, in denen häufig Antimonfahlerz, seltener Kupferkies einbricht.

Schon aus dieser Sukzession ergibt sich, daß der Dolomit der Gänge ebensowenig wie jener der Roßzähne deszendent ist. Sickerwasser laugt aus Gemischen von $CaCO_3$ und $MgCO_3$ viel mehr $CaCO_3$ als dem Mischungsverhältnis entspricht. Aus Lösungen von der Zusammensetzung des Dolomits scheidet sich bei CO_2-Verlust nur $CaCO_3$ ab. Das haben experimentelle Untersuchungen von Klähn gezeigt. Die Abscheidung von Dolomit aus gemischten Lösungen der beiden Karbonate erfolgt, wie Link und Spangenberg festgestellt haben, nur unter bestimmten Umständen.

Die Sukzession:

1. Magnesit,
2. weißer Dolomit,
3. Milchquarz mit Kupfererz

wurde in Veitsch, als dem größten und am besten zugänglichen Aufschluß, ermittelt. Sie konnte an mehreren anderen Lagerstätten bestätigt werden, ist aber nicht überall vollständig, d. h. einschließlich der letzten Phase entwickelt. Auf das Auftreten dieser wird später noch besonders eingegangen werden.

Hie und da tritt Talk als jüngeres Kluftmineral hinzu. Gewöhnlich aber entstand der Talk zur Zeit der Magnesitmetasomatose und steckt in kleinen Zwickeln zwischen den Körnern des Magnesits. Talk ist ein häufiger, aber nicht regelmäßiger Begleiter der Magnesit-

lagerstätten und tritt mit Vorliebe in ihrer Umhüllung, seltener bankweise in ihnen auf.

Ebenso gehören kleine Pyriteinsprenglinge des Magnesits zur ersten Phase.

Sekundäre Teufenunterschiede bei Magnesit.

Es wurde schon oben gesagt, daß aus unreinem, d. h. dolomitischem Magnesit durch Sickerwasser nicht Dolomit sondern Kalksubstanz ausgelaugt wird, entsprechend dem Löslichkeitsverhältnis für CO_2-hältiges Wasser $CaCO_3 > CaMg(CO_3)_2 > MgCO_3$. Der Verwitterung an der Erdoberfläche ausgesetzter Magnesit erscheint darum immer besser, als er sich dann im künstlichen Aufschluß erweist. Das ist eine durch viele Analysen bestätigte Erfahrung und für die Begutachtung noch unerschlossener Lagerstätten von Wichtigkeit.

Bei sehr weitgehender Verwitterung eisenreicher Magnesite (Breunerite) tritt unter Mg-Verlust zugleich eine Limonitisierung ein. Solcher Magnesit, imprägniert mit von oben nach unten verschlepptem Aragonit, bildet z. B. in Veitsch über gutem Magnesit eine dünne, unbrauchbare Decke, die dort unter dem Namen »toter Magnesit« geht. Auch andere Lagerstätten zeigen dieses Oxydationsprodukt. Daß sich Aragonit und nicht Kalzit in Magnesitlagern aus Sickerwasser ausscheidet, beruht, wie Cornu gezeigt hat, auf der Anwesenheit von $MgSO_4$.

Der Magnesit von Veitsch, Semmering, St. Martin, Dienten und vielen anderen Orten zeichnet sich durch lichtbraune Farbe aus. Sie gilt als geradezu charakteristisch für den Breunerit. Tiefere Aufschlüsse in Veitsch lassen erkennen, daß das Oxydationsverfärbung ist, ausgehend von Klüften, zwischen denen der frische Breunerit blaugraue Farbe hat. Dieser frische Magnesit enthält, mit guter Lupe noch erkennbar, zahlreiche kleine Pyritkrystalle. Ihre Limonitisierung trägt wesentlich zur Verfärbung des Breunerits bei. Dem oxydierten Magnesit fehlt dieser Pyrit. Im Magnesit von Trieben sind diese Pyriteinsprenglinge größer als in Veitsch. Analysen frischen und verfärbten Magnesits werden unten mitgeteilt.

Talk und Pyrit im Magnesit.

Talk ist ein häufiger Begleiter des Magnesits. Oft sind Magnesitlagerstätten von Talkschiefer umgeben, mitunter, wie in Wald, findet auch eine bankweise Wechsellagerung statt. In manchen Talklagerstätten (Aflenz, Rannach) findet man wenigstens abgequetschte Klumpen von Magnesit in Talkschiefer. Es gibt aber auch Magnesitlagerstätten, wie Veitsch, Trieben, Dienten, Breitenau, St. Oswald usw., denen Talk nahezu gänzlich fehlt. Als Regel kann gelten, daß die eisenreichen Magnesite talkfrei bis -arm sind (die letztgenannten Orte), während die eisenarmen Magnesite talkführend sind (Oberdorf, Wald, Radenthein). Weinschenk und

Redlich haben gezeigt, daß auch die Talklagerstätten unter Einfluß von magnesiahältigen Lösungen entstanden sind. Es liegt jedoch kein Anhalt dafür vor, daß jene Kalksteine, welche talkreiche Magnesite geliefert haben, von vornherein kieselsäurereicher gewesen sind.

Gerade die eisenreichen Magnesite enthalten fein eingesprengt Pyrit, und so kann man sagen, daß Pyrit und Talkeinsprengungen im Magnesit sich ausschließen. Streng trifft das nicht zu, denn in den Lagerstätten von Neuberg und von Oberdorf sind beide Mineralien anzutreffen.

Es wurden oben schon die blauen Magnesite von Veitsch erwähnt, die zahlreiche, feinste Pyriteinsprenglinge enthalten. Es interessierte mich die Frage, ob vielleicht der Eisengehalt des Breunerits ursprünglich nur an Pyrit gebunden war. Herr Ing. Rohn in Veitsch hatte die Güte, mit scharfer Granze aneinander stoßende Stücke braunen und blauen Magnesits analysieren zu lassen.

Blauer und brauner Magnesit von Veitsch:

	I		II	
	blauer Teil	brauner Teil	blauer Teil	brauner Teil
Kieselsäure	0·45	0·20	0·23	0·15
Eisenoxyd	3·77	3·92	3·66	3·93
Tonerde	0·35	0·38	0·45	0·34
Kalk ..	0·88	1·59	0·85	1·84
Magnesia ..	42·72	42·74	42·85	42·98
Glühverlust	51·60	51·10	51·82	50·52
Graphit.	0·12	0·04	0·03	0·01
S...	0·06	0·01	0·04	0·01

Die Analysen lehren, daß jene Teile größerer Stücke, welche Oxydationsbräunung zeigen, wohl weniger Sulfidschwefel haben und daß auch der Glühverlust infolge Sulfatbildung aus Karbonat verringert ist, daß jedoch der Schwefelgehalt zu klein ist, als daß alles Eisen in Gestalt von Pyrit an ihn gebunden sein könnte. Es steckt sonach auch in dem unveränderten Magnesit Ferrokarbonat.

Primäre Schichtung im Magnesit.

Viele Magnesite zeigen trotz ihres groben Korns eine deutliche Bankung und oft erweist sich der Magnesit dieser Bänke als deutlich geschichtet. Diese Schichtung ist parallel zu jener benachbarter Tonschiefer oder Wechsellagerungen von Kalk, Magnesit und Tonschiefer. Schon daraus kann man entnehmen, daß es sich um zweifellose Sedimentärschichtung handelt. Die Schichtung kann hervorgerufen werden durch sehr dünne, graphitische Häute, durch Wechsellagerung dunklerer und hellerer Megnesitlagen oder auch durch Lagen verschiedener Korngröße. Äußerst feinschichtigen Magnesit kann man lokal in Breitenau sehen. Die dünnen Lagen desselben bestehen zum Teil aus Mikropinolit. Da, wie unten gezeigt

wird, der Pinolit aus unreineren Kalken entstand, ist dieser dünnschichtige Magnesit zweifellos aus etwas schiefrigen Kalken hervorgegangen, wie solche bankweise im Karbon und im Altpaläozoikum der Breitenau anzutreffen sind.

Äußerst dünne Schieferhäute enthält der Magnesit von St. Oswald in Kärnten. Meist sind sie, was man auch in der Breitenau sehen kann, durch die Spitzen der Magnesitkörner zickzackförmig hin und hergeschoben. Die Magnesitkörner zeigen unter dem Mikroskop ebenfalls schichtig angeordnete, runde Quarzkörner sparsam eingestreut. Bei manchen Vorkommen kann man die Beobachtung machen, daß die Magnesitkörner bei ihrem Wachstum den Schiefer oder Graphit zur Seite geschoben haben. Insbesondere ist das in Trieben die Regel. Nur selten findet man, daß eine dünne graphische Lage durch ein Magnesitkorn quer hindurch geht. Eine ebenso seltene Ausnahme sind schwarze Magnesite, die voll von feinem Graphitstaub sind. Eine Ausnahme macht auch der einschlußreiche Magnesit von Hall in Tirol, auf den unten näher eingegangen wird.

Selbst homogen und rein weiß erscheinender Magnesit kann deutlich erkennbare Schichten zeigen. Das ist z. B. in Oberdorf zu bemerken. Wenn auch diese Schichtung vor allem im Gefüge zum Ausdruck kommt, so zeigt ultraviolettes Licht, daß verschiedener Eisengehalt der Magnesitkörner an dieser Schichtung beteiligt ist. Unter dem Mikroskop erkennt man ferner zwischen den Magnesitkörnern in der Schichtung angeordnete Einschlüsse von Limonit und Spuren von Talk. Hingegen war weder durch verschiedene Anfärbemethoden, noch durch Salzsäureätzung eine der Schichtung folgende Verteilung von Dolomit- oder Kalziteinschlüssen bemerkbar. Primäre stoffliche Verschiedenheit fällt also auch hier mit der Schichtung zusammen und da diese dem begleitenden Nebengestein konform geregelt ist, ist es auch hier klar, daß die Schichtung sedimentären Ursprungs ist. Rhythmische Fällungen oder Diffussionserscheinungen, die eine Pseudoschichtung erzeugen könnten, kommen also nicht in Betracht.

Ähnliche Schichtungen kann man auch beim Siderit bemerken. So gibt es unter anderem Bändersiderite, die aus dünnen, grauen Lagen von feinkrystallinem Dolomit und aus dickeren Lagen grobkrystallinen Siderits gebildet werden. Hier spielt selektive Metasomatose eine Rolle. Auch bei den schichtigen Sideriten macht man die Beobachtung, daß die Schichtung im Erz den geologischen Lagerungsverhältnissen konform und demnach sedimentären Ursprunges ist.

Redlich ist der Meinung, daß die Bändersiderite durch Aufblätterung längs der Schichtung und Einschaltung dünner Lagergänge von Siderit entstanden seien. Durch eine sorgfältige, gefügestatistische Untersuchung kommt Clar für feinschichtige Magnesite von Breitenau zum gleichen Resultat. In den vermeintlichen Gängen stehen die Magnesitkörner mit *c* parallel zur Schichtung, in den

dazwischen liegenden, feinkörnigen, auch nach Clar durch Verdrängung entstandenen Lagen zeigt sich eine schräge Schieferung.

Ich kann diese Auffassung nicht teilen. Man könnte vielleicht meinen, daß für so massenhaft nebeneinander auftretende, etwa die halbe Gesteinsmasse ausmachende Lagergänge die Raumfindung schwer sei. Das Asbestvorkommen von Devils Kantor in Transvaal lehrt, daß solche Raumfindung in der Natur möglich ist. Gegen die Erklärungen von Redlich und von Clar spricht jedoch, daß die vermeintlichen Lagergänge keine scharfe Begrenzung zeigen. Ihre Ausfüllung ist mit jener der übrigen Gesteinsmasse vollkommen verzahnt, während sonst alle in den Magnesiten oder Sideriten auftretenden Karbonatgänge, auch bei homogener Verwachsung mit dem Nebengestein, sich stets als scharfe Spaltenausfüllung abheben,

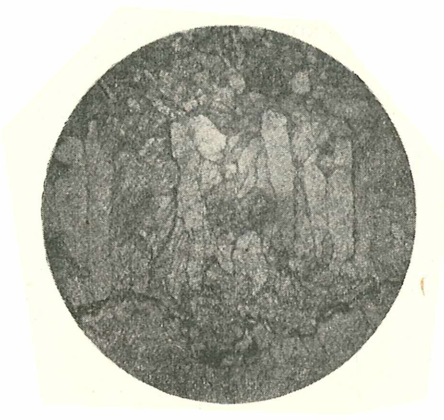


Fig. Dünnschliff vom Magnesit von Breitenau. Sedimentäre Schichtung. Verzahnung der M. Körner an den Schichtgrenzen. Dünne Schieferhaut. 17×.

die an der fehlenden Trübung und den glatten Salbändern als solche leicht erkennbar sind. Im Magnesit von St. Oswald sieht man in den analog geregelten Lagen runde Quarzkörner eingestreut. Das beweist klar, daß die Gefügeregelung, *c* parallel Wand, kein Anzeichen für Gangcharakter sein muß. Ich meine vielmehr, daß reinere und weniger reine Kalkbänke bei der Metasomatose die abweichenden Texturen veranlaßt haben. Im Bändersiderit vom Erzberg erkennt man, daß die dichten, grauen Bänder im Gegensatz zu den gröberen Bändern reich an ganz dünnen Schieferhäuten sind. Gefügeverschiedenheiten, wie sie in Breitenau in dünnsten Lagen zu sehen sind, kann man in Wald in dicken Bänken wechselnd beobachten.

Pinolitmagnesit und -ankerit.

Wenn die Krystalle des Magnesits einen schmalovalen Querschnitt zeigen, spricht man von Pinolitstruktur wegen des an die

Pignolienfrucht erinnernden Umrisses. Am bekanntesten und schönsten entwickelt ist diese Struktur beim Magnesit von Trieben. Aber auch in Veitsch, Oberdorf, Dienten und anderen Orten kann man diese Struktur finden. Pinolitankerit hat Redlich von Radmer beschrieben. Gerade an jenen Magnesitvorkommen, die an zweiter Stelle genannt wurden und bei denen der Pinolit in sehr untergeordneter Menge auftritt, kann man beobachten, daß er sich immer erst am Rande der Lagerstätte einstellt.

Gewöhnlich kann man feststellen, daß der Pinolitmagnesit im Vergleich zum körnigen Magnesit mehr in Salzsäure unlösliche Substanz enthält. Am auffälligsten kommt das zum Ausdruck, wenn man die ganz groben Pinolite von Trieben mit dem übrigen, dortigen Magnesit vergleicht. Ich stelle hier einige zusammengehörige Analysen nebeneinander, um dies durch Zahlen zu belegen. Herr Ing. Rohn in Veitsch hat in entgegenkommender Weise einige dieser Analysen zur Aufklärung im dortigen Laboratorium ausführen lassen.

		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO
Trieben Gebrannt	Pinolit grob.	.17·12	2·94	0·56	0·95	78·11
	Normaler Magnesit.	2·5	4·5	0·3	2·2	90

	Unlöslich	$FeCO_3$	$MgCO_3$	$CaCO_3$	SiO_2	C
Radmer, Pinolitankerit Redlich	4·05	16·74	28·22	51·16	—	
Veitsch, Pinolit	1·43				1·13	0·13
Veitsch, Pinolit	2·77				2·28	0·06
Veitsch, Pinolit	1·62				0·61	0·56
Veitsch, normaler Magnesit.	1·33					0·0

In Trieben ist es Graphitschiefer, den man in Pinolit als Verunreinigung eingeschlossen findet. Es wurde schon oben bemerkt, daß der Magnesitkrystall bei seinem Wachstum Verunreinigungen zur Seite schiebt. Es sind also unreine Kalke, welche die ausgesprochene Pinolitstruktur liefern. Gerade beim Studium der Lagerstätte von Trieben gewinnt man den Eindruck, daß die Reinheit des Kalkes, aus dem der Magnesit entstanden ist, von maßgebendem Einfluß auf das Korngefüge des Magnesits ist. Die Kalke, welche an die Lagerstätte von Trieben angrenzen, sind von wechselnder Reinheit. Die oft bankweise wechselnde Struktur des dortigen Magnesits hängt damit zusammen. Wenn man sieht, daß einmal in einer Bank von Magnesit die Struktur plötzlich an einer quer zur Schichtung laufenden Geraden sich ändert, so darf man wohl annehmen, daß hier im Kalk vor der Magnetisierung eine kleine Verwerfung bestand.

Verschiedene Proben des Kalkes neben der Lagerstätte von Trieben ergaben mit Salszsäure 6·3, 6·8, 8·7, 8·2% Rückstand. Die Menge desselben ist also von ähnlicher Größenordnung wie im dortigen Randpinolit. Korrespondierende Zahlen vom Dolomit der Veitsch sind nach Redlich 1·70, beziehungsweise 2·46%.

Die Pinolitbildung kann mithin mit der Krystalloblastese, mit Krystallisation unter beschränkter Raumentwicklung verglichen werden.

Die Mineralsukzession der Sideritlagerstätten.

Das vollständigste Bild der Mineralsukzession geben gangförmige Lagerstätten. Bei den metasomatischen Lagern fehlen die letzten Phasen oft oder sind nur sporadisch ausgebildet.

Es wurde schon erwähnt, daß die metasomatischen Sideritlagerstätten dieselben Drusenausfüllungen von Dolomitspat zeigen, wie der Magnesit. Es besteht also auch hier die Sukzession 1. Siderit, 2. Dolomit. Namentlich in der Liegendschuppe des Erzberges kann man in den Dolomitdrusenausfüllungen nicht selten einen jüngeren, grobspätigen Siderit bemerken. Solchen sieht man auch in dünnen, unregelmäßigen Gängen, den normalen Siderit des Erzberges durchsetzend. Auch Kern hat dies erwähnt. Er denkt dabei an Deszendenzen. Ich selbst war eine Zeitlang dieser abwegigen Meinung. In Wirklichkeit handelt es sich um Sideritrekurrenzen, wie auch an anderen Lagerstätten festzustellen ist. Es ist namentlich in der Prein bei Payerbach deutlich zu sehen, daß es in der Lagerstätte auch jüngere Sideritnachschübe gibt.

Der grobspätige Siderit ist charakteristisch für Lösungsabsatz als Spaltenausfüllung, der feinkrystalline Siderit hingegen ist ein Produkt der Metasomatose. Das kann man sehr deutlich am Silberpfennig bei Gastein sehen. Die goldführenden Gangspalten durchsetzen dort ein Marmorlager, das seitlich des Ganges zu Siderit und weiterhin zu Ankerit umgewandelt ist, worauf schon Pošepny hingewiesen hat. In der Gangspalte sowie in kleinen, nach der Seite abzweigenden Apophysen ist der Siderit grobspätig, im Lager feinkrystallin. Auch auf der hohen Veitsch kann man beobachten, daß Siderit metasomatischer Entstehung feinkrystallin ist, im Gegensatz zu den dort auftretenden grobspätigen Gangsideriten. Diese Regel darf nicht verallgemeinert werden. Es sei nur auf Hüttenberg und Bilbao als Beispiele grobkrystalliner Siderite metasomatischer Entstehung hingewiesen.

Gleichgültig, ob es sich um metasomatische oder um gangförmige Lagerstätten handelt, ob Eisen oder Kupfer die Vormacht auf der Lagerstätte haben, gleichgültig, ob Siderit oder Ankerit einbrechen, immer ist der Quarz jünger als die Karbonate und gehen die Sulfide zusammen mit dem Quarz. Das hat auch Buttmann in Mitterberg festgestellt und zugleich erkannt, daß das $FeCO_3$ älter ist als eisenarme Karbonate.

In der Prein bei Payerbach findet man lokal Baryt jünger als die Quarzgänge. Alle die verschiedenen Vorkommen in der Prein zeigen überdies noch jüngere Spaltenausfüllungen von grobkörnigem Siderit. Hie und da (Schendelegg in der Prein, Neuberg, Hohe Veitsch, Filzmoos) sieht man Kupferkies auch im Siderit selbst eingesprengt. In Mitterberg bei Bischofshofen wird der Erzgang von

jüngeren Quarzgängen verquert, die ebenfalls Siderit und sporadische Kupferkiesnüsse führen. Das ist eine zweifellos jüngere Gangbildung.

Angel fand bei mikroskopischer Untersuchung der Erze des Erzberges, daß es auch Dolomit gibt, der der Sideritphase vorangeht.

Sieht man von einigen Details ab, so kann man wiederum folgende Sukzessionen feststellen:

1. Siderit,
2. weißer Dolomit (Roßzähne),
3. Quarz und Kupfersulfide,
4. eventuell Baryt,
5. eventuell jüngerer Siderit.

Auf alle Fälle läßt sich feststellen, daß die Mineralsukzession in der Hauptsache analog ist jener der Magnesitlagerstätten. Das charakteristische ist, daß auf eine Karbonatphase Quarz mit Kupfererzen, darunter auch Fahlerz, folgt. Die Lagerstätten zeigen das, was Berg Rejuvenation nennt, also ein Heißerwerden der Minerallösungen. Damit steht auch in Übereinstimmung das Auftreten von Turmalin in Verbindung mit Quarz, wie Redlich in Altenberg bei Neuberg nachweisen konnte.

Andere seltene Akzessorien sind Apatit, der in den Dolomitgängen von Trieben gefunden wurde, Epidot, der im Magnesit von Trieben vorkommt, den ich aber auch unter dem Mikroskop in Crinoiden führendem Siderit vom Erzberg wahrnehmen konnte, ferner Chlorit, der sich zusammen mit dem Quarz hie und da in der südlichen Eisensteinzone des Semmering, aber auch bei Wagrein und an anderen Orten vorfindet.

Kein deszendenter Siderit.

Es wurde schon erwähnt, daß Kern die jüngeren sideritischen Spaltenausfüllungen des Erzberges durch Deszension erklären wollte. Durch solche will er auch die Vererzung der Kalkbreccie an der Basis des Werfener Schiefers erklären.

Unter Einfluß von Sickerwasser kann Siderit nicht in Lösung gehen, weil das Eisen oxydiert und als Limonit fixiert wird. Das lehrt der Augenschein, der im ganz oder teilweise oxydierten Siderit immer nur Spaltenausfüllungen von weißem, eisenfreiem Aragonit (Eisenblüte!) zeigt. Aragonit findet sich auch als deszendente Spaltenausfüllung in den Magnesitlagern. Das $MgSO_4$, das wie Cornu gezeigt hat, die Krystallisation von Aragonit aus den Sickerwasserlösungen veranlaßt, wird durch die nie fehlende Gegenwart kleiner Pyritmengen und $MgCO_3$-Gehalte bedingt.

Einschlägige experimentelle Untersuchungen liegen von Moore und Maynard vor. Nicht $FeH(CO_3)_2$ ist in kaltem Oberflächenwasser, das organische Substanz enthält, gelöst, sondern $Fe_2(OH)_6$-Sol, das durch organische Kolloide stabilisiert ist.

Für das Entstehen deszendenter Siderite ist demnach keine Möglichkeit gegeben.

Auch Hießleitner glaubt bei den vererzten Kalkbreccien von der Basis des Werfener Schiefers an eine Verschleppung des Siderits. Nur denkt er an juveniles Wasser (vielleicht wäre es zweckmäßiger an resurgentes Wasser zu denken), bei welchem die Möglichkeit der Oxydation nicht in Betracht kommt. In der Tat läßt sich für solches Wasser die Möglichkeit der Verschleppung von Ferrocarbonat und seine Wiederausscheidung nicht ableugnen. Das würde aber nur bedeuten, daß die jüngere Siderit-(Ankerit-)Phase eine posthume Bildung wäre, außer Zusammenhang mit der Epigenesis der Lagerstätten. Gerade bei den später noch zu besprechenden, vererzten Kalkbreccien ergibt sich eine Schwierigkeit daraus, daß der Schiefer der vererzten Breccien sericitisiert, oft sogar chloritisiert ist (Redlich und Preclik, p. 251) und daß gelegentlich auch der doch zweifellos aszendente Kupferkies im Bindemittel auftritt.

Keine Magnesitgänge.

Ein auffallender Unterschied möge hervorgehoben werden. Siderit ist oft gangförmig als deutliche Spaltenausfüllung anzutreffen. Sowohl in Kalk und Dolomit, wie auch in Schiefern und vor allem im Porphyroid sind solche, meist dünne Gänge anzutreffen. Redlich hat gezeigt, daß die Lagerstätten von Gollrad u. a. gangförmig im Werfener Schiefer auftreten. Am Salberg bei Lietzen sieht man ebenfalls Sideritgänge. Es ist bemerkenswert, daß die kleinen Kalkgerölle einer Konglomeratbank neben dem Gang vererzt sind, abseits vom Gang nicht.

Beim Magnesit findet man wohl im Kalk (Dolomit) dünne Klüfte, von denen aus die Krystallspitzen des Magnesits nach beiden Seiten in das Nebengestein, es verdrängend, hineingewachsen sind. Besonders schön ist dies an sich kreuzenden Kluftsystemen am Lubenik bei Jolsva in der Slowakei zu sehen, aber auch Veitsch und Trieben u. a. O. zeigen ähnliche Aufschlüsse. Aber echte Gänge, d. h. Spaltenausfüllungen mit scharfen Salbändern insbesondere auch in nichtkalkigem Gestein habe ich bei Magnesit bisher nicht gefunden.. In der Lagerstätte auf der Hohenburg glaubt Kittl Gangmagnesit von metasomatischen Magnesit unterscheiden zu können.

Als Gangart auf Erzgängen ist Magnesit bekannt, aber nicht häufig. Schneeberg in Tirol ist ein solches Vorkommen. Diese stark metamorphosierte Lagerstätte steht aber nicht in Zusammenhang mit den hier zu besprechenden Typen, sondern gehört einer älteren Erzepoche an. Hie und da ähnelt bei den Pb/Zn-Gängen des Arlberges die grobkörnige Gangart dem Magnesit, es ist aber Dolomit.

Bis zu einem gewissen Grade kann sich das Fehlen von Magnesitgängen neben den Magnesitstöcken wohl aus der Beschaffenheit des Nebengesteins, das weniger spröde ist, erklären.

Sollten aber echte Magnesitgänge unauffindbar bleiben, so wäre dies doch ein beachtenswerter Unterschied.

Zugehörigkeit der Kupfererze.

Als ein Glied in der Paragenese der Magnesit- und Sideritlagerstätten wurden die Kupfererze betrachtet. Antimonfahlerz und Kupferkies sind die primären Erze, die hiebei in Frage kommen. Zinnober und Antimonglanz sind seltene und hie und da auftretende Begleiter. Es wurde die Frage aufgeworfen, ob diese Erze tatsächlich zu dieser Paragenese gehören, oder ob sie nicht unabhängig und jünger sind und nur mehr zufällig, öfters in die erwähnten Lagerstätten hineingeraten sind. Namentlich Hießleitner hat sich in letzter Zeit zu dieser Anschauung bekannt. Das ist kein Zufall, denn gerade in seinem Arbeitsgebiet, der Umgebung von Eisenerz treten die Kupfererze sehr zurück, in dem gewaltigen Aufschluß des Erzberges sind sie wirklich selten, an vielen Orten dort fehlen sie anscheinend und am Polster und in der Radmer, wo sie allein stärker hervortreten, bilden sie tatsächlich selbständig Gänge.

Überblickt man die karbonspätigen Lagerstätten der ganzen Grauwackenzone, so kann man sagen, daß ein mittlerer Teil, der sich gerade um Eisenerz gruppiert, kupferarm ist, daß etwa von Radstatt gegen W und von Neuberg angefangen gegen O die Kupferführung deutlich zunimmt, sogar zur Vormacht kommen kann. Stets auch sind die gangförmigen Lagerstätten kupferreicher als die metasomatischen Lagermassen. In der Gegend von Radstatt sieht es so aus als ob das Cu zunächst in den nördlicheren, der Trias näheren Lagerstätten auftrete und erst allmählich, etwa von Zell am See angefangen, auf die ganze Breite der Grauwackenzone übergreife, wobei es aber immer noch einzelne Lagerstätten ausläßt. Ähnlich ist es im O, wo sich zuerst in Gollrad und Niederalpl häufiger Kupfererze einstellen, während die Bergbaue im Rettenbachgraben bei Neuberg und Arzbachgraben noch praktisch kupferfrei sind. Im Semmeringgebiet greift die Cu-Führung auf die ganze Breite der Grauwackenzone über.

Auch außerhalb der Grauwackenzone sind die kupferführenden Quarzgänge und postsideritische Kupferkieseinsprengungen im Siderit vorhanden. Hier verweise ich auf die Turracher Höhe, Hüttenberg und Umgebung, Innerkrems. Dem Magnesit der Millstätter Alpe fehlen diese Quarz-Kupfer-Erzgänze vollständig. Auch im Magnesit von Wald, von Trieben und Breitenau suchte ich sie vergeblich. Herr Bergverwalter Poferl in Radenthein informierte mich, daß auch im Magnesit bei Fieberbrunn trotz ausgiebiger Schürfungen bislang nichts davon gefunden wurde.

Soll man aus dem örtlichen Fehlen wirklich schließen, daß diese Sulfide unabhängig von den Karbonaten sind? Für die Zinnerzgänge des Erzgebirges ist Wolframit charakteristisch, aber nicht jeder Aufschluß zeigt ihn. Die Freiberger und Przibramer Erzgänge

enthalten Uranpecherz, aber es vergingen oft viele Jahre bis welches gefunden wurde. Zahllose Beispiele zeigen, daß zu einer bestimmten Paragenese gehörige Minerale nicht in jedem Aufschluß nachweisbar sind. Um wie viel leichter kann dieser Fall eintreten, wenn sich die Aufschlüsse über ein so weites Gebiet und unter so mannigfachen geologischen Verhältnissen verteilen.

Die Frage der Zugehörigkeit des Kupfers zur Siderit-Magnesit-Paragenese kann nicht auf Grund von lokalen Studien entschieden werden, weil einzelne Vererzungsphasen lokal unabhängig von den anderen auftreten können. Sie muß auf vergleichender Basis regional studiert werden.

Es sei auf die slowakischen und die bosnischen Magnesit- und Sideritlagerstätten verwiesen, die ganz analoge Verknüpfungen mit Kupfererzen zeigen. Immer noch könnte man auf verwandte geologische Verhältnisse als Ursache hinweisen. Aber auch der Erzbezirk von Bilbao zeigt im Siderit Quarzgänge mit Kupferkies und Pyrit und hat zugleich karbonspätige Cu-Gänge auch in seiner Nachbarschaft. Ich verweise auf Rencié in den Pyrenäen und von den metasomatischen Spatlagern Deutschlands auf Kamsdorf, Iberg, Bieber und Schmalkalden, die alle die Verknüpfung mit Kupfererzen zeigen. Um rein gangförmige Lagerstätten zu nennen, sei auf die Sideritgänge des Siegener Landes verwiesen, die ebenfalls diese Kupfererze führen und im weiteren Umkreis auch sulfarsenidische Nickel- und Cobalterze zeigen, wie sie auch strichweise auf den karbonspätigen Kupfererzgängen der Grauwackenzone einbrechen.

Wir können feststellen, daß die Verknüpfung der Siderite und Kupfererze die Regel ist, und müssen also auch für die Alpen darin genetische Zusammengehörigkeit erblicken.

Blutsverwandtschaft und Übergänge zu den Pb/Zn- und Au-Lagerstätten.

Bei einem Gebirge, das derart durchbewegt ist wie die Alpen, darf man von vornherein nicht erwarten, daß Lagerstätten aus einer tektonischen Einheit in eine andere verfolgbar sind. Abgesehen von den Veränderungen, die der Nebengesteinswechsel mit sich bringt, genügen kleine, posthume Verschiebungen an den großen Bewegungsflächen, um die Zusammenhänge zu zerreißen. Recht deutlich läßt sich alles dies an den gleichfalls jungen Blei-Zink-Gängen von Hollersbach im Pinzgau zeigen, worauf hier nur kurz hingewiesen werden soll, weil ich an anderem Orte näher darauf eingehen werde.

Als Übergangstypen sind vor allem die Eisenerze in den Kalken der Trias von Interesse. Zunächst muß der Frage begegnet werden, warum diese so selten sind, im Gegensatz zur Häufigkeit in der Grauwackenzone und auch noch in dem auflagernden Werfener Schiefer. Die Seltenheit wird (Kern, Hießleitner) direkt als Einwand gegen die posttriassische Entstehung der Grauwackenerze angeführt.

Es wird unten gezeigt werden, daß die Erze prämittelmiozän sind. Zu jener Zeit war die Oberfläche der Kalkalpen zum Teil Abtragungsgebiet. Sicher ist, daß sie nur im geringen Grade zerschnitten und zertalt war. Sonach muß sich über dem Werfener Schiefer ein viel reicherer und ausgedehnterer Grundwasserhorizont als gegenwärtig vorgefunden haben. Die aufsteigenden Erzlösungen wurden darin in der Regel verdünnt und verteilt. Es bliebe zu untersuchen, ob nicht die Rauhwacken einen Teil der Mg- und Fe-Zufuhr anzeigen. Nur bei besonders günstiger Spaltenbildung konnten sie durch diesen Grundwasserhorizont aufsteigen. So finden wir die Erze der Trias meist in der Nachbarschaft tiefgreifender Störungen. Es sei auf den Bleiberger Hauptbruch, die Judikarienlinie und ihre östliche Fortsetzung, die Raibl benachbarte Savelinie, den Nordrand der Lechtaldecke bei Nasserreith als Beispiele solcher Art hingewiesen.

Am bekanntesten unter den Eisenerzlagern in den Triaskalken ist die Hölln bei Werfen in Salzburg. Auch hierüber hat Redlich berichtet. Das Lager liegt an der Grenze von Muschelkalk und Werfener. Man hat den Eindruck, als haben sich die Erzlösungen im untersten Teil des Muschelkalks ausgebreitet und diesen mehr oder weniger vererzt. Über unebener Unterlage breitet sich das Erz aus, sich mitunter auskeilend, so daß es scheint, als liege es in Mulden. Etwas Kalk lagert manchmal auch noch unter dem Erz. Kleine Brocken von grauem, mitunter auch mazeriertem Kalk stecken im Erz, das selbst oft unrein ist. Das Dach ist mazerierter Kalk, eisenschüssiger Kalk oder Brecciendolomit. Der Werfener Schiefer unter dem Erz ist gebleicht. Dem mulmigen bis stückigen Brauneisenstein kennt man deutlich an, daß er aus Siderit entstanden ist. Reichlich ist er von Aragonitklüften durchsetzt. Nichts von Kupfererzen konnte ich darin bemerken. Wäre das Erz zinkhältig, so hätte sich das unzweifelhaft bei der Verhüttung gezeigt. Nachfragen gaben keinen Anhalt dafür.

Unmittelbar westlich am Fuße des Hochkönigs, mehr aber östlich am Südrande des Tennengebirges im Lammertal finden sich ebensolche Erze in genau der gleichen geologischen Position. Aus Niederösterreich ist ebenfalls über dem Werfener liegend, das Eisenerz bei Vöstenhof, unweit Ternitz, zu erwähnen.

Aus dem Muschelkalk der Krabachjochdecke nördlich vom Arlberg hat Ampferer das Auftreten von Ankerit geschildert. Vergebens suchte ich darin nach Spuren von Pb und Zn, auch Laboratoriumsversuche, die Dr. Hackl in Wien und ich anstellten, blieben ohne Erfolg. Nur Pyrit fand ich nicht selten in dem spätigen Gestein eingesprengt. Die sporadische Ankeritisierung geht bis in die Kalkbänke der überlagernden Partnachschiefer hinauf. Im Hauptdolomit einer Schuppe der Lunzer Decke liegt das aus Spat hervorgegangene Eisenerz von Kleinzell in Niederösterreich, dessen tektonische Lage Spengler aufgeklärt hat. Auf Befragen teilte mir Herr Spengler mit, daß er weder Quarz noch Kupfererze bemerkt habe.

Schließlich ist der Röthelstein bei Aussee zu erwähnen. Einen Bruch im anisischen Hallstätter Kalk begleitet dort ein Sideritlager, von dessen Erz mir nachfolgen Analyse übergeben wurde. Sie zeigt einen beträchtlichen Zinkgehalt. Auch hier konnte ich nichts von Quarzgängen bemerken.

SiO_2	0·86	Al_2O_3	0·60
FeO	.54·27	CaO	0·50
MnO	.12·25	MgO	5·75
P	0·004	CO_2	.32·90
S.	0·08	H_2O	1·45
Zn	1·56		

Zusammenfassend kann über die Eisenerze der Trias gesagt werden:

1. sie treten in keinem bestimmten stratigraphischen Niveau auf;

2. sie bevorzugen tiefer liegende Decken, liegen aber keinesfalls nur in bestimmten Decken;

3. sie treten an Permeabilitätsgrenzen auf;

4. Quarzgänge mit Sulfiden fehlen ihnen, außer bei Vöstenhof;

5. Zink macht sich nur in höheren tektonischen Einheiten bemerkbar.

Bleiglanz und Zinkblende sind in den Eisen- und Kupferlagerstätten der Grauwackenzone ungemein selten. Wo sie sich aber einstellen (Filzmoos, Schwaz), treten sie in Erzen auf, die dicht unter dem Werfener Schiefer liegen. Auch aus den Sideritgängen der Slowakei erwähnt Ulrich das gelegentliche Auftreten von Bleiglanz und Blende.

Stofflich erweisen sich die Blei-Zink-Erze der Kalkalpen als recht verschieden von den Eisen-Kupfer-Erzen. Sie sind eisenarm, haben kein Kupfer. Molybdän, das für sie charakteristisch ist, fehlt der Grauwackenzone, findet sich aber auf den Golderzgängen wieder. Anderseits gehen Nickel und Cobalt nicht aus der Grauwackenzone in die Kalkalpen hinauf. Arsen ist beiden gemeinsam. Flußspat, der sporadisch auf den Blei-Zink-Gängen auftritt, fehlt der Grauwackenzone und nur der Baryt ist auch in dieser lokal als primäre Gangart enthalten. Allerdings würden noch chemische Feinuntersuchungen notwendig sein, um die Unterschiede völlig sicherzustellen. Der in der Grauwackenzone stark verbreitete Quarz verschwindet schon in den Eisenerzen der Kalkalpen. Die Rejuvenation reichte mithin nicht so hoch hinauf. Dolomitisierung des Nebengesteins ist in Grauwackenzone und Kalkalpen vorhanden.

Bemerkenswert ist, daß die Blei-Zink-Erzgänge, welche in Trias und Karbon des Drau-Save-Gebirgszuges auftreten, ein Zwischenglied darstellen. Hier tritt Siderit als Gangart auf und auch Kupfer fehlt den Lagerstätten nicht. Allerdings ist Tornquist der Anschauung, daß diese Erzvorkommen einen selbständigen Typus darstellen, der an den Typus Littai anzuschließen sei.

Daß es eine komplette Übergangsreihe vom Siderit zum Magnesit gibt, zeigen die Lagerstätten von Flachau, Wagrein und Dienten, welche zum Teil Mesitin, Pistomesit und andere Zwischenglieder enthalten.

Sichtlich enger als zu den Blei-Zink-Erzen sind die stofflichen Beziehungen zu den Golderzgängen der Zentralzone. Hier ist der Silberpfennig bei Böckstein, dessen Gänge schon Pošepny geschildert hat, von allergrößter Bedeutung. Wo dort die goldführenden Quarzgänge eine Marmorbank durchsetzen, ist die Gangfüllung Siderit und auch der benachbarte Marmor ankeritisiert, beziehungsweise zu Siderit umgewandelt. Gangsiderit und metasomatischer Siderit enthalten Bleiglanz als Einsprenglinge, die Gangsiderite auch noch Zinkblende. Pyrit, seltener auch Kupferkies bilden Schnürel und auch Einsprenglinge. Übrigens fehlt Ankerit den Golderzgängen nur in der Tiefe (Imhofunterbaustollen), oben am Pochhart schon tritt er sporadisch auf und aus Pošepny's Angaben entnehme ich, daß er im Sonnblickgebiet häufiger ist. Es wiederholt sich also ein Teufenunterschied, der auch bei Kitzbühel zu sehen ist, wo am Jochberg kein Fahlerz und kein Ankerit auftritt, während oben auf der Kelchalpe Ankerit reichlich vorhanden ist. Hier sei auch der goldhältigen Lagergänge des Fundkofels bei Oberdrauburg gedacht, in denen man wieder die Sukzession 1. Ankerit, 2. Quarz findet.

Wie auf den Eisenlagerstätten, so kommt auch auf den Golderzgängen Turmalin sporadisch vor. Arsen ist beiden gemeinsam, auf den Golderzgängen jedoch sichtlich reichlicher vorhanden. Da nach Tornquist gerade dem Arsen besondere Bedeutung zuzukommen scheint, möge von den Erzen der Grauwackenzone noch betont werden, daß Arsenkies sporadisch in ihnen auftritt. Ihre Fahlerze sind meist Antimonfahlerze, oft aber mit As-Gehalt, mitunter aber auch Arsenfahlerze. Mit der Zunahme an Ni und Co auf den Cu-Gängen macht sich auch As stärker bemerkbar. Es ist aber nicht möglich, daraufhin genetische Unterschiede zu gründen. Es sei darauf verwiesen, daß auch im Siegener Lande, wie Quiring gezeigt hat, sich diese Metalle analog der zonaren Ordnung eingliedern.

Auch Gold und Silber ist den Eisen-Kupfer- und den eigentlichen Goldlagerstätten gemeinsam. Silber ist mehrfach in den Cu-Erzen nachweisbar. Das Mengenverhältnis Ag : Cu ist, wie sich aus der Durchsicht einer Reihe von Analysen ergab, sowohl in einzelnen Bergbauen, wie von Ort zu Ort stark wechselnd. Gold ist bekannt von Payerbach (Analysen bei Redlich 1907), vom Brander Gang und gelegentlich auch vom Mitterberger Gang bei Bischofshofen, von Limberg und Kluken im Pinzgau, aus dem Fahlerz von Schwaz ($0 \cdot 2\, g/t$)[1] sowie aus dem Kupferbergbau von Serfaus im Engadin. Den Siderit des Erzberges sowie reine, quarzige und ankeritische Gangart von Mitterberg prüfte auf meine Bitte Fleißner vergeblich auf Gold. Dahingegen zeigte eine Stufe reinen Limonits, die ich von

[1] Die Relation Ag zu Cu ist hier konstant 1·2 100.

der Pfennigwiese mitbrachte, nach gefälliger Untersuchung des Herrn Oberbergrates Dr. Imhof 2 *g* Au und 7 *g* Ag per *t*. Der Durchschnittsgehalt der Limonithalden am Silberpfennig (die Einsprenglinge von Sulfiden führen) ist nach Imhof 3 bis 4 *g* Au.

Imhof zeigte, daß das Gold der Hohen Tauern hauptsächlich an Arsenkies gebunden ist. Dieselbe Feststellung konnte ich in Pusterwald bei Oberzeyring machen und auch für den östlichsten Vertreter dieser Gangformation, für die Kliening im Lavanttal gilt die gleiche Regel. Michel fand, daß Galenit und Sphalerit auf den Tauerngängen eine jüngere Füllung darstellen. Von den Kupfergängen der Grauwackenformation zeigen Filzmoos und der Bertagang in Schwaz dasselbe. Also auch hiebei zeigt sich Übereinstimmung mit der zonaren Anordnung der Lagerstätten.

Primäre Teufenunterschiede.

Im Bleiberger Reviere finden sich Anzeichen dafür, daß der allgemeinen Regel folgend mit der Tiefe sich Zn unter Pb einstellt. Ob eine Änderung der Gangart eintritt, vermag ich nicht zu sagen. Raibl, das bereits in der Zinkzone liegt, zeigt in der Tiefe Verarmung. Die Erzführung hält bis jetzt auf folgenden Höhen unterschiede an

Bleiberg	1040 *m*
Mies	450
Raibl	620
Nassereith	950

Daß die Kupferführung der Sideritgänge mit der Tiefe nachläßt, ist im slowakischen Bergbau mehrfach beobachtet worden, gelegentlich sogar unangenehm bemerkt worden. Auch der Bergbau auf der Mitterberger Alpe zeigt diese Abnahme. Der vertikale Höhenunterschied im Erz beträgt dort 700 *m*. In diesem Bergbaue herrscht oben Siderit, unten Ankerit als Gangart. Aigner berichtet, daß wegen des Wechsels der Gangart seinerzeit die Aufbereitung geändert werden mußte. In Brixlegg haben die Fahlerze unten nur Baryt als Gangart, 200 *m* höher am Kleinkogel stellt sich auch Ankerit ein.

Am Erzberg beträgt der vertikale Höhenunterschied im Erz 950 *m*. Schöner Siderit steht auch noch im tiefsten Bohrlochaufschluß an. Die kleinen Pyriteinsprenglinge im Spat nehmen mit der Tiefe zu, worin sich eine Annäherung an den Breunerit zu erkennen gibt. Diese idiomorphen Pyriteinsprenglinge im Siderit und Breunerit gehören der ersten Phase der oben genannten Mineralsukzessionen an.

Daß bei den Golderzgängen der Hohen Tauern sich Karbonate als Gangart mit der Tiefe verlieren, wurde schon erwähnt.

Diese Beispiele zeigen, daß die primären Teufenunterschiede der angeführten Lagerstätten nichts anderes sind als kleine Ausschnitte derselben Gesetzmäßigkeiten, welche sich in der regionalen Anordnung der Lagerstätten ausdrücken.

Autochthoner Quarz in den metasomatischen Magnesiten und Sideriten.

Alle Analysen, auch von anscheinend reinsten Magnesiten und Sideriten des Erzberges zeigen einen kleinen Kieselsäuregehalt. Löst man Brocken in HCl auf, so erhält man den SiO_2-Rückstand in Gestalt eines feinen Skeletts oder als zackige Körner. Die Roßzähne hinterlassen dünne Quarzlamellen. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß die letzteren nach der Spaltbarkeit des Dolomits eingelagert sind. Im Magnesit und Siderit füllt Quarz kleine Zwickel zwischen den Magnesit-, beziehungsweise Sideritkörnern. Bei einer Sideritstufe vom Erzberge, die reichlich kleine weiße, in Dolomit umgewandelte Stielglieder von Krinoiden im Erz eingeschlossen enthielt, kann man unter dem Mikroskop den trüben Siderit leicht von dem klaren, etwas Zwillingsstreifung aufweisenden Dolomit unterscheiden. Nur zwischen den Sideritkörnern findet man die Quarzzwickel. Aller dieser Quarz ist entweder gar nicht oder in nur wenig undulös auslöschend. Es kann kein Zweifel daran bestehen, daß er autigen ist. Das ist von Wichtigkeit, weil die gangförmigen Sideritlagerstätten meist reicher an Quarz sind. Hier wie dort kann man feststellen, daß der Quarz jünger als die Karbonate ist. Dieses Auftreten des Quarzes zeigt, daß man die metasomatischen Lagerstätten von den gangförmigen nicht zu trennen hat.

Eisenglanz im Siderit.

Eisenglanz tritt in den Sideriten mancher Örtlichkeiten auf. Man kann zwei Arten des Auftretens unterscheiden. Am Erzberg finden sich kleine, bis kubikmetergroße Nester, von feinblättrigem Eisenglanz. Bei Wagrein, Flachau, Payerbach usw. sieht man in grobspätigem Siderit der Spaltbarkeit parallel eingewachsene, große Eisenglanztafeln. Solcher Art sieht man den Eisenglanz auch im Kupferbergbau auf der Mitterberger Alpe, und zwar im Westfelde. Hier ist ersichtlich, daß der Eisenglanz an die Nachbarschaft von Querklüften gebunden ist.

Beachtenswert ist, daß alle die Lagerstätten, auf denen man derartigen Eisenglanz findet, reichlich Pyrit oder Kupferkies enthalten und weiter, daß sich dieser Eisenglanz unter der Oxydationszone nicht aber (Mitterberg) in den tiefen Sohlen vorfindet. Die Experimente Kuhara's erklären dieses Auftreten. Ferrisulfatlösung gibt bei Einwirkung auf Siderit, Hämatit, Ferrosulfat hingegen Magnetit. Jedenfalls glaube ich, daß der Eisenglanz anders zu erklären ist, als der Rotspat des Siegener Landes. Nicht unerwähnt bleibe, daß gerade die Vorkommen von Flachau und Wagrein am Quarz eine ungewöhnlich starke tektonische Beanspruchung erkennen lassen, so daß man sich noch fragen könnte, ob der Eisenglanz vielleicht als dislokationsmetamorph aufzufassen wäre. Die mehrere Zentimeter großen, spiegelglatten Tafeln machen aber eher den Eindruck einer

jüngeren Mineralbildung, so daß die Entstehung aus deszendenten Ferrisulfat das wahrscheinlichste ist.

Von den slowakischen Sideritgängen erwähnt Ulrich analoges Auftreten des Eisenglanzes im Siderit. Er findet dort aber den Haematit als älter wie die Sulfide und kommt infolgedessen zur Annahme aszendenter Entstehung desselben.

Magnetit im Siderit.

Ursprünglich hielt ich die Eisenerze von Innerkrems für älter und unabhängig von der hier besprochenen Vererzungsperiode entstanden. Das Auftreten der Lagerstätten und ihre sulfidischen Bestandteile veranlassen mich jedoch, sie der jüngeren Vererzungsepoche zuzurechnen.

Befremdet hatte mich das Auftreten kleiner Magnetitkrystalle in einem feinkörnigen Siderit. Der Magnetit darin ist sicher eine Neubildung. Man kennt diese Erscheinung als Produkt der Kontaktmetamorphose aus dem Paläozoikum des Oberharzes und sehr schön aus der Pojana Ruszka. Auch an Spatgängen des Siegener Landes ist das beobachtet worden. Die Ähnlichkeit der alpinen Erze mit den beiden erstgenannten Lagerstätten ist sehr weitgehend: feinkörnige, graue Siderite mit massenhaft eingesprengten, oft fast mikroskopisch kleinen, idiomorphen Magnetitkryställchen.

Ein derartiges Vorkommen liegt auch im Klagenfurter Becken nächst Moosburg. Hier ist es nicht zweifelhaft, daß diese mitten in phyllitischen Gesteinen liegende Lagerstätte regionalmetamorph aus Siderit entstanden ist (ein Siderit, vielleicht ähnlich jenem von Umberg, den Canaval gleichfalls beschrieben hat). Moosburg darf als ein Typus älterer prätektonischer Eisenlagerstätten gelten.

Feinkrystallin und erfüllt von ebensolchen Magnetitkryställchen ist auch der Siderit von Pitten. Unten wird gezeigt werden, daß dieser jung, d. h. posttektonisch ist. Innerkrems und Pitten zeigen uns die Sideritlagerstätten im Bereiche tieferer Decken und nahe an großen Störungen. Sie zeigen uns, daß lokale dislokationsmetamorphe Umwandlungen von Siderit in Magnetit in der Nachbarschaft großer, junger Störungen eintreten können. Die Verschuppung von Paläozoikum und Trias bei Innerkrems ist postsideritisch. Dies erklärt, die Wiederholung der Mineralzonen in W-O-Richtung (Sideritgänge noch im Westfalien beim Schwarzsee) und das Verschwinden des Magnetits im Siderit bei Turrach.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß Nieder kürzlich auch im Lahngebiet die Entstehung von Magnetit an lokalen Störungen aus Roteisenstein mitgeteilt hat.

Primärgefüge.

Das Gefüge der hier besprochenen Minerallagerstätten kontrastiert stark gegen jenes der sie beherbergenden Schichten, ja sogar auch der oft weit über ihnen liegenden Triaskalke. Die Schiefer des

Karbons und älteren Paläozoikums zeigen oft gequälte Lagerung und sind bis zu phyllitischen Gesteinen metamorphosiert. Quarzkonglomerate sind ausgewalzt. Die Kalkbreccie an der Basis der Trias im Gebiete von Eisenerz ist oft bis zu einem Kalkschiefer ausgeplättet. Die Kalksteine der Trias, mehr noch ihre Dolomite sind erfüllt von zahllosen Klüften, die beim Kalk in der Regel ausgeheilt sind. Diese Klüftigkeit hält an bis in die Sandsteine der Kreide, deren Mergel manchmal noch eine leichte Druckschieferung zeigen, die beim Werfener Schiefer sich bis zu regelrechter Transversalschieferung steigern kann. Auf die Durchbewegung vieler paläozoischer Kalke sei hier nur hingewiesen.

In auffälligem Gegensatz dazu stehen überall die hier besprochenen Lagerstätten. Ihr Gefüge ist intakt oder fast intakt (lokale Mylonitisierungen siehe später), auch die starke Klüftung fehlt. Infolgedessen erscheinen die Lagerstätten als stockförmige Massen in den anderen Gesteinen.

Auch in einem tektonisch durchbewegten Gebirge gibt es geschonte Partien. Sollen aber die Lagerstätten überall, im Gneis, in der Grauwackenzone und hoch oben in der Trias immer geschont gewesen sein? Sollen gerade sie geschont worden sein, auch wenn sie an Bewegungsflächen oder in ausgequetschten engen Einfaltungen (Radstatt—Wagrein) auftreten?

Es handelt sich hier um die Frage: Ist das Gefüge unserer Minerallagerstätten primär oder ist es im Wege einer Metamorphose entstanden, durch Rekrystallisation? Namentlich Redlich hat immer schon die Anschauung vertreten, daß das Gefüge, insbesondere der metasomatischen Siderit- und Magnesitlagerstätten das Produkt einer, der Bildung krystalliner Schiefer analogen Metamorphose ist. Verschiedene der schon angeführten Beobachtungen sprechen dagegen. Wir erkannten drusige Magnesite und Siderite als natürliche Folge der Metasomatose. Regionalmetamorphose und Rekrystallisation liefern keine drusigen Gesteine. Wir fanden auch in den metasomatischen Lagerstätten eine bestimmte Mineralsukzession, die übereinstimmend war mit jener in den Gängen. Metamorphose hätte diese Sukzession verwischt. Wir fanden, daß das Korn und das Gefüge abhängig ist von der Reinheit der ursprünglichen Kalke. Wir fanden nur bei unreinen Pinoliten etwas, was an Krystalloblastese erinnert, hier aber sichtlich Folge der Unreinheit ist. Im Hangenden der Lagerstätte von Wald sieht man zwischen Talkschiefern dicke Bänke aus Magnesit ganz aus quer zur Schichtung stehenden, handgroßen Krystallen bestehend. Die Roßzähne erwiesen sich als alte Drusenausfüllungen. Wären sie erst später durch Entmischung entstanden (Redlich), so könnten sie nicht scharf von jüngeren Mineralsukzessionen desselben Lagerstättentypus geschnitten werden.

Besonders wichtig für die Unberührtheit des Primärgefüges ist eine Textur, die man im pinolitischen Magnesit von Trieben beobachten kann und die ich als Eisblumentextur bezeichnen möchte (Fig. 3). Die flachen, rhomboedrischen Krystalle des Magnesits liegen

immer in divergentstrahligen Büscheln übereinander. Sehr schön erkennt man in dem Aufschluß auf der linken Seite zum Eingang in den Sunk, daß diese Büschel durch alle Bänke gleichartig divergierend orientiert sind. Die Büschel sind ähnlich wie Eisblumen übereinander angeordnet. Der Gedanke, der durch diese Textur nahegelegt wird, ist, daß diese Krystallbüschel nach und nach von Zentren

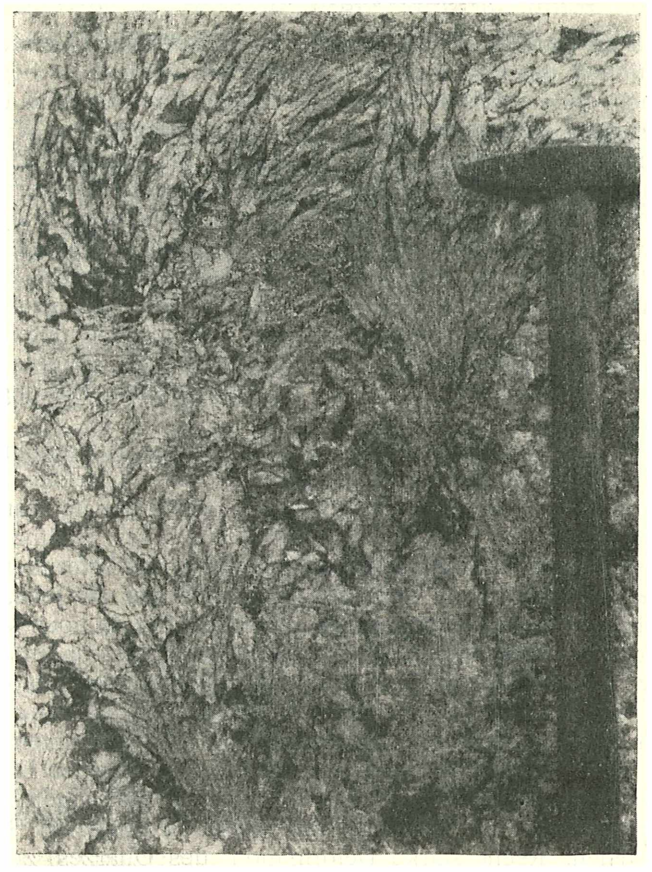


Fig. 3. Eisblumentextur Magnesit von Trieben.

aus übereinander fortgewachsen sind. Es ist kein Zweifel, daß diese Textur, die den krystallinen Schiefern vollständig fremd ist, nur eine primäre sein kann, entstanden bei der allmählichen Verdrängung des Kalkes.

Was hier hauptsächlich für die metasomatischen Lagerstätten gesagt wurde, ist viel deutlicher an den Mineralgängen zu erkennen. Die Verdrängung der Karbonate durch Quarz, das Eindringen desselben in die Spaltrisse der ersteren, die geringe tektonische Beeinflussung beider, im Ganzen das unversehrte oder fast

unversehrte Gefüge normaler, karbonspätiger Erzgänge, mit ihrer charakteristischen Gangmetasomatose zeigen an, daß von einer nachträglichen Metamorphose und Rekrystallisation nicht gesprochen werden kann. Wir kommen demnach zum Resultat, daß das Gefüge der hier besprochenen Lagerstätten primär ist.

Lokale Veränderungen des Primärgefüges.

Daß an jungen, die Lagerstätten durchsetzenden Verwerfungen Deformationen des Primärgefüges bemerkbar werden, ist begreiflich. Aber auch ohne solchen sichtlichen Zusammenhang sind derartige Veränderungen erkennbar. Durch das Magnesitlager von Wald zieht eine schmale Zone brecciösen Magnesits. Im Handstück wie im Dünnschliff hat man das Bild der Kataklase, Spuren von zerriebenem Talk zwängen sich zwischen die Magnesitbruchstücke und dringen in Risse der Magnesitbrocken ein. Wem das Primärgefüge der Magnesite geläufig ist, der wird den Unterschied sofort erkennen.

Mylonitisierter Pistomesit ist in der sonst sehr grobspätigen Lagerstätte von Flachau aufgeschlossen. Wenn, wie unten gezeigt wird, an der Radmerstörung Mylonitisierung des Ankerits zu bemerken ist, so beweist dies, daß an jener großen Störung kleine posthume Bewegungen eingetreten sind.

Stark ist die Veränderung des Erzes der Kupfergänge vom Seekar in den Radstätter Tauern, dort wo sie im tiefsten Teil der Decke auftreten. Verbogene Spaltflächen der Karbonate, zerdrückter Quarz mit undulöser Auslöschung und Böhm'scher Streifung zeigen an, daß posthume Bewegungen das Erz hier etwas deformiert haben. Aber die Deformation ist unvergleichlich geringer als jene, welche die Diaphthorese des Nebengesteins verursacht hat. In noch kleinerem Maße erkennt man tektonische Beeinflussung an undulöser Auslöschung der Quarze und an Zwillingsstreifung des Dolomits hie und da, so auch im Gebiete des Erzberges, von wo Angel sowie Redlich und Preclik dies erwähnen. Die letztgenannten Autoren gründen darauf ihre Auffassung von der paratektonischen Entstehung des Erzes. Ich möchte aber bemerken, daß die angeführten Erscheinungen auch am Erzberge nur lokal an jüngeren Störungen sich einstellen. Recht starke Deformation des Quarzes zeigt auch das Erz des Seidlgrabens bei Wagrein, was bei der tektonischen Lage des Vorkommens (tiefe, schmale Einfaltung von Mesozoikum) begreiflich ist. Bei der Durchmusterung zahlreicher Schliffe von vielen Lokalitäten zeigte sich, daß leicht undulöse Auslöschung des Quarzes häufiger ist, als völlige Unberührtheit. Ich glaube, daß auf letztere mehr Bedeutung zu legen ist.

Eine Sonderstellung nimmt in dieser Hinsicht das Gebiet von Kitzbühel ein. Am Jochberg sind dort alle Erze im Gefüge deformiert, lokal auch an anderen Orten. Ohnesorge hat gezeigt, daß die Lagerstätten von Kitzbühel Überschiebungen folgen. So sind auch hier die größten Linien der Tektonik schon vorgezeichnet. Aber

starke Verstellungen und namentlich intensive, schräge und quere Zerklüftungen folgten nach und bewirkten auch posthume Bewegungen auf den alten Bahnen. Der Jochberg mit seinem zerriebenen Quarz, verdrücktem Kupferkies und zerdrückten Karbonaten zeigt uns den Charakter der Erze in einem mobilen Gebiet. Es ist um so beachtenswerter, daß das Gefüge trotzdem lokal, wie z. B. auf der Kelchalpe intakt geblieben ist.

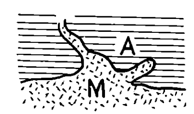
Wir stellen fest, daß lokale Deformationen der Erze vorhanden sind, nicht aber solche des Erzes ganzer Lagerstätten.

Selektive Metasomatose.

Zeichen der selektiven Metasomatose sind bei verschiedenen der hier besprochenen Lagerstätten bemerkbar. Namentlich am Rande der Lagerstätten greift die Mineralisierung in einzelnen Bänken oft wesentlich weiter als in anderen, ohne daß ein ersichtlicher Gesteinsunterschied eine Erklärung hiefür bieten würde. Besonders auffällig ist diese Eigensinnigkeit der Selektion am Verhalten der Krinoiden. In Veitsch sind die Krinoiden im Dolomit auch zu Dolomit umgewandelt, daneben gibt es auch solche, die aus braunem Magnesit bestehen. Auch nur zur Hälfte gebräunte Krinoiden kommen vor. Die Umwandlung der Krinoiden hält hier also Schritt mit jener des Gesteins oder eilt ihr voran. Am Erzberge dagegen gibt es Krinoidensiderite, deren Stielglieder weißer Dolomit geblieben sind.

Magnesit in der Trias.

Als besonderen Typus unter den Magnesitlagerstätten unterschied Redlich den Magnesit von Hall in Tirol. Über das Auf-



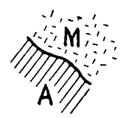


Fig. 4. Ortsbilder aus dem Magnesitvorkommen von Hall in Tirol. M = Magnesit, A = Reichenhaller Kalk. Das Ganze steckt im Anhydrit.

treten desselben ist wenig bekannt, weshalb es näher geschildert werden soll.

Im Anhydrit stecken Schollen von schwarzem Reichenhaller Kalk. An der Berührung beider, aber auch bankweise im Anhydrit, tritt der Magnesit auf. Beistehende Ortsbilder zeigen das Eindringen des Magnesits in den Kalk. Außer körnigem Magnesit sieht man auch schwarzen Dolomit (Rautenspat) in einzelnen Krystallen in den Kalk eindringen.

Der Magnesit ist durchaus verschieden von den übrigen alpinen Vorkommen. Er ist grauschwarz und körnig, aber sein Gefüge, das mehr rundliche Körner von etwa 5 *mm* Durchmesser aufweist, weicht

ab vom Gefüge der anderen Lagerstätten. Die Körner sind nicht miteinander verschränkt, sondern durch etwas feinkrystallines Magnesit- oder Magnesit-Anhydrit-Bindemittel verkittet. Die Magnesitkörner sind erfüllt von feinstem, braunem Staub, der in Flecken oder kugelig-schaligem und oolithähnlichen Partien zusammengeballt ist. Himmelbauer, der seit Niederschrift dieses über das Vorkommen geschrieben hat, sieht darin aus oolithischen Kalken übernommene Anordnungen. Für diese Auffassung spricht, daß an den Korngrenzen ein Oolith aus einem Magnesitkorn in das benachbarte übergreift (Fig. 5). Auffallend jedoch ist, daß an den Kalken selbst solche Struktur nicht zu sehen ist. Der braune Staub ist in HCl unlöslich und gleicht dem Lösungsrückstand des Reichenhaller Kalkes. Der Rückstand des Magnesits wird durch Glühen rot, er färbt aber weder Chloroform, noch Äther, noch Schwefelkohlenstoff, ist also kein

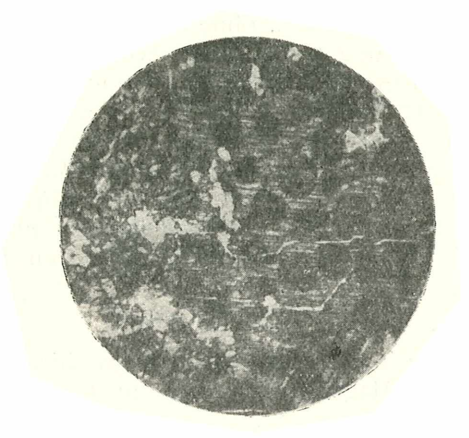


Fig. 5. Dünnschliff vom Magnesit von Hall, Tirol. Magnesitkörner mit oolithischer Anordnung toniger Einschlüsse. Zwischen den M.-Körnern Anhydrit. 17×.

Bitumen. Da er beim Kochen mit KOH keine braune Lösung gibt, ist er auch keine humose Tonsubstanz. Der Staub ist ein Gemisch von Ton und Schwefeleisen mit Polybitumen. Die nachfolgende Analyse wurde im Laboratorium Veitsch gemacht.

$MgCO_3$	81·02
$FeCO_3$	9·03
$CaSO_4$	9·37
SiO_2.	0·98
Al_2O_3	0·76
C	0·21
	101·37

Da die Schollen des Reichenhaller Kalkes Phacoiden im Haselgebirge darstellen, ist die Annahme berechtigt, daß dieser Magnesit unter Einfluß von magnesiumhaltigen Lösungen des Anhydrits aus dem Kalk entstanden ist.

Als feststehend darf angenommen werden, wie auch Redlich erkannte, daß dieser Magnesit genetisch nicht in Beziehung steht zu den bisher behandelten Magnesitlagerstätten. Erwähnen möchte ich, daß von Hall auch Kupferkies aus rotem Steinsalz und Bleiglanz sowie Zinkblende aus dem Haselgebirge angeführt werden. Genaueres über das Auftreten dieser Erze ist nicht bekannt geworden. Immerhin ist es unwahrscheinlich, daß sie zum Magnesit in Beziehung stehen.

Magnesit kennt man auch aus dem Gips des Werfener Schiefers von Landl im Ennstal. In der Literatur wird das Vorkommen als Block in einer tektonischen Moräne behandelt. Es war mir nicht gelungen, den Aufschluß bei einem Besuch der Lokalität aufzufinden. Möglicherweise waren die betreffenden Schürfungen bereits verrutscht. Im Gips sah ich eine Menge Gipsbrocken, die im gefalteten Zustand eingebettet wurden, sah aber kein Blockmaterial aus der Grauwackenzone. Das ist immerhin bemerkenswert. Machatschki beschrieb scharf ausgebildete Magnesitkrystalle, die auf Gips aufgewachsen waren. Das müssen Neubildungen sein. So entsteht die Frage, ob es sich hier wirklich um einen Phacoiden handelt oder um ein Vorkommen, ähnlich jenem von Hall in Tirol.

Im Aussehen soll der Magnesit jenem der Grauwackenzone geglichen haben. Eine Analyse (Laboratorium Veitsch) ergab:

SiO_2 .	1·57
FeO	5·83
Al_2O_3	2·0
CaO .	3·73
MgO	.39·73
Glühverlust	.47·14

Hier möge auch auf die scharfen Magnesitkrystalle verwiesen werden, die Hauer und Rumpf von Mariazell erwähnen. Art des Auftretens blieb bisher unbekannt, ebenso der genaue Fundort.

Ich möchte hier auch des Siderits, Blauspats und Krokydolits gedenken, der im Werfener Schiefer des Gipsgebietes bei Kundl gefunden wird. An dem Bächlein in der Wiese, wo man gegenwärtig die Blauspate sammeln kann, sind derzeit Beobachtungen über das Auftreten der Minerale nicht möglich.

Chemische Prozesse bei der Magnesit- und Sideritmetasomatose.

Es liegt nicht im Rahmen dieser Untersuchung, auf die Prozesse, welche die Verdrängung des Kalkes durch Magnesit oder Siderit entstehen ließen, näher einzugehen. Redlich vertrat in allen seinen Arbeiten die Anschauung, daß saure Karbonate des Mg, beziehungsweise Fe dabei in Lösung zugeführt wurden. Leitmaier hat schon 1913 auf die Schwierigkeiten dieser Erklärung hingewiesen, welche Schwierigkeiten nicht geleugnet werden können. Leitmaier betonte, daß zur Aufklärung eines solchen Prozesses noch chemische Untersuchungen vonnöten seien.

Aus den vorangegangenen Beobachtungen möge nur wiederholt werden, daß nicht unbedingt an Lösungen der Karbonate gedacht werden muß. Das Beispiel des Magnesits von Hall in Tirol läßt eher auf Chlormagnesium oder andere Magnesiumsalze mutmaßen. Daß Chlormagnesiumlösungen Kalkstein zu Dolomit umwandeln können, haben experimentelle Untersuchungen von Walker und Gerrie gezeigt. Auch für die Verdrängung des Marmors durch Siderit, welche auf der Pfennigwiese bei Böckstein sichtbar ist, wird man wegen der quarzigen Gangfüllung auf denselben Gangspalten darunter und darüber weniger an Eisensäuerlinge denken sollen.

Bisherige Ergebnisse.

Die Magnesit-, Siderit- und Kupfer- sowie Nickel-Kobaltlagerstätten der Grauwackenzone sind Teile einer zusammengehörigen Paragenese. Beziehungen zu den Pb/-Zn-Lagerstätten der Kalkalpen und zu den Golderzgängen der Zentralzone sind vorhanden, aber nicht sehr deutlich. Diese Beziehungen zeigen sich in gelegentlichen Übergängen und stofflichen Verwandtschaften. Die regionale Anordnung harmoniert mit den an einzelnen Lagerstätten erkennbaren, primären Teufenunterschieden, so daß beides als Äußerung derselben Ursache aufzufassen ist. Die Lagerstätten zeigen hie und da lokale tektonische Beeinflussungen, besitzen aber im allgemeinen ihr Primärgefüge.

Verhalten zur Tektonik.

Wie eingangs erwähnt, faßte ich die Lagerstätten als posttektonisch auf, wobei ich allerdings nur sagte, daß die Alpentektonik zur Hauptsache fertig war. Hießleitner und Kern erklären die Siderite der Umgebung von Eisenerz für prätektonisch und Redlich und Preclik für paratektonisch. Die Lokalstudien bei Eisenerz ergaben also ein anderes Resultat als die regionale Betrachtung. Es müssen demnach zunächst die Feststellungen in der Gegend von Eisenerz gewürdigt werden, wofür die sehr gründlichen Kartierungen von Kern und Hießleitner gute Unterlagen liefern.

Der Liegendkontakt der Erze bei Eisenerz.

Als Redlich 1922 die Tektonik des Erzberges durch Tauchfalten erklärte, wandte ich meine Aufmerksamkeit zunächst dem Liegendkontakt des erzführenden Kalkes zu. Das führte zur Feststellung vererzter Porphyroide. Angel, Redlich und Preclik haben sich mit mikroskopischen Studien derselben in der Folgezeit beschäftigt und auch Hießleitner hat bei der Kartierung ihnen seine Aufmerksamkeit geschenkt. Hießleitner wirft die Frage auf, ob es wirklich die Porphyroidquarze sind, die man in jenen sauren Erzen gewahrt. Redlich und Preclik zeigten, daß Porphyroiddetritus in ihnen vorhanden ist.

Ich beobachtete solche vererzte Porphyroide am Söberhaggen und auf den tiefsten Etagen des Erzberges sowie beim Redlichstollen in der Radmer. An diesen drei Orten erinnert das Erz sehr an die Manganerze von Ilmenau, und jene der Franz Siebenbrüderzeche in Joachimstal, welche beide aus Quarzporphyren hervorgegangen sind, indem die Grundmasse metasomatisch verdrängt wurde, die Quarzeinsprenglinge infolgedessen unverändert im Erz stecken. Eben diesen Eindruck machen die genannten Erze mit ihren einzeln eingestreuten Quarzen, die schon im Habitus den Porphyroidquarzen ähneln. Löst man die Erze in Säure auf, so bleiben diese eckigen Quarzkörner zurück oder auch ein zusammenhängendes Quarzgrundgewebe mit den Quarzeinsprenglingen. Reste von Serizit und quarzigem Grundgewebe sind unter dem Mikroskop mitunter noch wahrnehmbar, daneben am Süberhaggen reichlich Pyritwürfel. Meines Erachtens kann nicht bezweifelt werden, daß die Vererzung örtlich die Unterlage des erzführenden Kalkes, den Porphyroid, mitergriffen hat.

Da die Untersuchungen von Spengler übereinstimmend mit neueren Prüfungen durch Redlich und Preclik ergeben haben, daß zwischen erzführendem Kalk und Porphyroid ein mechanischer Kontakt besteht, ist es klar, daß die Vererzung jünger als dieser Kontakt ist. Das erklärt auch die gelegentlich innige Verschweißung von Porphyroid und Erz.

Schuppenbau am Erzberg.

Redlich hat früh erkannt, daß am Erzberg zwei Schuppen übereinandergeschoben sind. Es ist richtig, daß eine Fehlbestimmung von Jungwirth und Lackenschweiger vorlag, als diese von der Erzbergspitze Porphyroid anführten. Das Originalstück desselben, ein Sandstein, liegt in der Leobener Sammlung. Wenn aber Kern und in der Folge auch Hießleitner von stratigraphischer Überlagerung sprachen, so ist dies, wie Redlich und Preclik zutreffend betonen, nicht haltbar, denn im Zwischenschiefer finden sich tatsächlich deformierte Porphyroide und Porphyroidtuffe vor. Die in solchen serizitisierten Gesteinen aufkeimenden Sideritknötchen zeigen deutlich an, daß der Schuppenbau schon vorlag als die Vererzung erfolgte.

Hinsichtlich der Vererzung besteht ein Unterschied zwischen beiden Schuppen. Die obere ist mehr vererzt. Die untere zeigt reichlicher Roßzähne und oft auch jüngeren Siderit. Hießleitner's Kartierungen bei Eisenerz und Radmer haben gezeigt, daß ganz allgemein der dem Werfener Schiefer zunächstliegende Kalk stärker vererzt ist. Meines Erachtens haben Jungwirth und Lackenschweiger ganz recht, wenn sie in dem Unterschied einen Einfluß der Permeabilitätsgrenze des Werfener sehen.

Schuppenbau in Veitsch.

Auch in Veitsch sieht man zwei Schuppen der Lagermasse, durch einen Zwischenschiefer getrennt. In der Literatur wird er ge-

wöhnlich als Quarzitschiefer bezeichnet. Die auffällige Kaolinisierung, die er an manchen Orten zeigt, ebenso wie Aufschlüsse gegenüber des großen Tagbaues lassen keinen Zweifel daran, daß es sich um ein feldspathaltiges Gestein handelt, und daß ein Porphyroid vorliegt. Das lehrt auch die mikroskopische Untersuchung. Herr Angel war vor einigen Jahren so freundlich, mir diese Diagnose zu bestätigen, indem er schrieb, daß dieser Schiefer dem Typus Kaisertal unter den Porphyroiden nahestehe.

Die Werksdirektion Veitsch stellte mir nachfolgende Analyse des Zwischenschiefers in entgegenkommender Weise zur Verfügung (gebrannt):

SiO_2	78·41%
Fe_2O_3	0·97
Al_2O_3	14·38
CaO	Spuren
MgO	4·28
Glühverlust ..	0·06
Alkalien als Rest.	2·10

Die Analyse, eine andere wird von Redlich mitgeteilt, ist geeignet, die Deutung als Porphyroid zu bestätigen.

Mit Mylonitisierung verbundene Harnische am Magnesit lassen erkennen, daß die Einschaltung dieses Zwischenschiefers nach der Bildung des Magnesits erfolgt ist.

Jüngere Tektonik.

Meist fehlt es bei den Magnesit-, Siderit- und Kupferlagerstätten nicht an Spuren posthumer Tektonik. Das große Kalkdreieck am Erzberg ist von jüngeren Brüchen umgrenzt. Im Gegensatz zu Kern möchte ich auch den Christofverwurf des Erzberges als jung auffassen. Dort, wo der Verwurf an die Triasgrenze herankommt, ist Kern's Karte nicht ganz genau. Halden erschweren sehr die Beobachtung. Immerhin ist es sehr wahrscheinlich, daß diese Grenze gerade in der Verlängerung dieses Verwurfs eine entsprechende Verschiebung aufweist.[1] Aber auch der ganze Charakter des Verwurfs, der haarscharf und schnurgerade die Schichten durchschneidet, spricht für seine Jugend. Wäre der Verwurf, wie Kern meint, prätriassisch, so hätte er, als der Werfener zu engen Mulden eingefaltet wurde, auch deformiert werden müssen. Das prätriassische Alter des Erzes auf diesen Verwurf begründen zu wollen, scheint mir demnach unhaltbar zu sein. Eine große Bruchstaffel verwirft die Mitterberger Erzgänge gemeinsam mit dem Werfener Schiefer. Besonders intensiv sind die jungen Störungen im Gebiet von Kitzbühel. Posthume Bewegungen an großen, alten Störungslinien und Schubflächen sind am Erz wiederholt nachweisbar (Seekar, Kressenberg und Radmerstörung bei Eisenerz usw.).

---

[1] Auch Redlich äußert sich in diesem Sinne.

Die lokalen Mylonitisierungen des Magnesits zeigen, daß auch dieser nicht von jüngeren Störungen verschont blieb. Auch die Einschuppung des Porphyroidschiefers in Veitsch ist, wie Harnische an der Magnesitgrenze erkennen lassen, postmagnesitisch.

Posthume Verwerfungen, den Tauerngängen folgend, zeigen auch für dieses Erzgebiet noch jüngere Tektonik an. W. E. Petrascheck hat kürzlich von der Bleiberger Lagerstätte gezeigt, was von der dortigen Tektonik jünger als das Erz ist.

Überall also sehen wir, daß der tektonische Bau in seinen großen Zügen zur Zeit der Entstehung der Erze wohl fertig war, daß aber geringere Bewegungen, und zwar vor allem Brüche ihr noch nachfolgten. W .E. Petrascheck spricht von saxonischer Bauart, in die die Vererzung eindrang.

Durchbewegung der Gesteine, aber nicht der Erze.

Ein großer Kontrast besteht im tektonischen Verhalten der Gesteine und der in ihnen auftretenden Erze. Ich brauche nicht alles zu wiederholen, was ich diesbezüglich a. a. O. schon betont habe, z. B. von den Golderzgängen der Hohen Tauern, von der Kupferlagerstätte am Seekar, die in Diaphthoriten auftritt, selbst aber unvergleichlich geringere tektonische Beeinflussung zeigt, von den Kupfererzgängen der Mitterberger Alpe, die einer Schieferung der Gesteine folgen. Die Transversalschieferung hat auch noch den Werfener Schiefer erfaßt, ist also sicher posttriassisch, die Erze also auch. Es fehlt auch nicht an Anzeichen dafür, daß die Lagerstätte in die Trias hinaufreicht. Nur wie ihr Metallgehalt darin ist, ist derzeit noch unbekannt.

Ein Teil des erzführenden Kalkes bei Eisenerz ist als Tonflaserkalk ausgebildet und sichtlich tektonisch durchbewegt. Es gibt vollkommen idente Tonflasersiderite, deren Siderit normales, körniges Erz darstellt und die unzweifelhaft nach der Durchbewegung vererzt wurden. Durch Gefügestudien am Magnesit von Breitenau konnte Clar zeigen, daß eine tektonische Gefügeregelung der Magnesitisierung vorangegangen ist. Tonflasermagnesit findet man im Jetzbachgraben bei Saalfelden. Auch ihr Karbonat hat das normale, körnige Gefüge.

Vererzte Basisbreccien der Trias.

In der weiteren Umgebung von Eisenerz liegt an der Basis des Werfener Schiefers eine Kalkbreccie. Der Kalk derselben ist gelegentlich zu Siderit umgewandelt. Redlich zog daraus den zutreffenden Schluß auf das jüngere Alter dieser Vererzung. Kern wollte sie durch posthume, deszendente Verschleppung des Eisens erklären, was oben schon abgelehnt wurde. Hießleitner äußert sich ähnlich. Redlich und Preclik erwiesen die Vererzung auch des Bindemittels und oben konnte auf Zufuhr von Kupfererz in die Breccie aufmerksam gemacht werden, die gewiß aszendent ist.

Keinesfalls ist an eine Eisentrümmerlagerstätte zu denken. Nie trifft man in einer Kalkbreccie sporadische Siderit (Ankeritbrocken) und nie in einer Erzbreccie sporadische Kalkbrocken. Wie im Kalk, so zeigt sich auch in der Breccie quer über die ganze Mächtigkeit ein sehr rascher Übergang von vererzter in nicht vererzte Breccie. Vererzte Breccien liegen gewöhnlich über Erz. Man kann aber, wie auch Hießleitner betont, über schönem Erz gelegentlich Kalkbreccien liegen sehen. Bei kleinen, muldenförmigen Einfaltungen von Breccie im Erz kommt es vor, daß eine Seite der Mulde vererzte Breccie hat, die andere nicht.

Auffällig ist, daß stark ausgewalzte Breccien nicht vererzt wurden. Würde der Grund hiezu der sein, daß der Kalk plastischer ist als der Siderit, so müßte man an Stelle ausgewalzter Sideritbrocken zerbrochene und zerdrückte Sideritbrocken finden. Das ist nicht der Fall. Man wird annehmen müssen, daß die Reaktionsfähigkeit des Kalkes durch die plastische Deformation verringert wurde. Es ist demnach die Vererzung jünger als die Einfaltung der Trias.

Exotische Blöcke.

Ein Argument, das sehr zugunsten älterer Mineralisierung spricht, war das angebliche Auftreten exotischer Blöcke von Siderit, beziehungsweise Magnesit in mesozoischen Schichten. Die Annahme Ampferer's, daß Siderit, beziehungsweise Quarz-Sideritgestein im Werfener Schiefer der Umgebung des Schneeberges als exotische Blöcke auftreten, hat sich als unhaltbar erwiesen (Petrascheck, p. 203), durch Auffindung von derartigen Gängen im Werfener. Dies erklärt auch, warum dort immer nur Quarz und Siderit und nicht auch die Gesteine der Grauwackenformation unter den exotischen Geröllen gefunden wurden.

Die Bedenken, welche dagegen sprechen, daß in Landl im Ennstal Magnesit als Block in einer tektonischen Moräne auftreten soll, wurden oben dargelegt.

Feststehend ist hingegen, daß in der Gosau des Muttekopfs Siderit als Komponente der Konglomerate vorhanden ist, wie aus Funden Ampferer's hervorgeht. Das Vorkommen scheint sparsam zu sein, denn mir glückte es nicht, es wieder zu finden. Es wurde schon eingangs erwähnt, daß im Paläozoikum des Klagenfurter Beckens ältere Siderite vorhanden sind. Auch der Siderit von Hüttenberg scheint älter zu sein, jener von Waldenstein ist nach O. Friedrich kretazisch. Das Vorkommen des Muttekopfs darf gleichfalls als Beweis für die Existenz älterer Siderite gelten. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß Frau Dr. Duftschmidt-Wilser Hämatitbrocken in der Basisbreccie des Werfener der Leobener Mauer fand.

Als Beweis für das höhere Alter der hier in Rede stehenden Lagerstätten der Grauwackenzone können die beiden genannten Funde nicht gewertet werden.

Prä- oder posttektonisch.

Prägnant hat zur Altersfrage der Vererzung neuerlich Hießleitner Stellung genommen, auf Grund seiner weiteren Erfahrungen in der Radmer. Hießleitner begründet seine Auffassung vom prätektonischen Alter der Erze

1. damit, daß das Erz vorwiegend in den Kalken auftritt, die jünger als der Porphyroid sind, beziehungsweise diesen überlagern;
2. mit der Unabhängigkeit von der Tektonik der Grauwackenzone;
3. damit, daß bei Nachbarschaft von Silur-Devonkalken und Karbonkalken nur die ersteren vererzt sind;
4. damit, daß an der (kretazisch-alttertiären) Überschiebung von Karbon durch Altpaläozoikum sich die Mineralisierung ändert, unter ihr Magnesit, über ihr Siderit.

Punkt 1 bis 3 lassen sich ebensogut durch Selektion erklären, deren Launenhaftigkeit schon hervorgehoben wurde. Daß sich die Mineralisierung nicht an der Überschiebung ändert, wurde schon an der Umgebung von Dienten nachgewiesen.

Die Vererzung ist dort reichlicher, wo stärkere Verschuppung des Paläozoikums vorhanden ist. Der schon von Jungwirth und Lackenschweiger betonte Einfluß der Permeabilitätsgrenze des Werfener ist nicht zu leugnen. Wegen ihrer unter der Permeabilitätsgrenze liegenden komplizierteren Tektonik im Altpaläozoikum ist die Umgebung von Eisenerz stärker vererzt als andere Gebiete. Hießleitner allerdings hält gerade die prätriassische Tektonik für gering. Die Radmer hat ihn zu dieser Auffassung veranlaßt. Hießleitner selbst hat die große Radmer Störung aufgeklärt, die nicht in die Trias fortsetzt. Er selbst erkennt an, daß sie zugunsten vortriassischer Schuppentektonik spreche. Der vortriassische Schuppenbau des Erzberges und Tulriegels ist ebenfalls sicher. Auch die von Hießleitner aufgeklärte Deckschollennatur des Kressenberges und der Donnersalpe bei Eisenerz ist vortriassisch.

Daß die große und gleichmäßig und fern von der Permeabilitätsgrenze liegende Masse silurisch-devonischer Kalke des Zeyritzkampels erzarm geblieben ist, erklärt sich aus dieser tektonischen Lage.

Hießleitner ist der Meinung, daß am Kressenberg fertiges Erz auf paläozoische Schiefer aufgeschoben worden sei (p. 234). Er weist auf die Undurchlässigkeit solcher Tonschiefer hin. Wäre das Erz posttektonisch, so hätten die Lösungen die Schieferunterlage passieren müssen. Hiegegen muß wohl daran erinnert werden, daß gerade die variszische und die kretazische Faltung die Tonschiefer metamorphosiert haben und im Vergleich zu ihrem früheren Zustand wesentlich durchlässiger gemacht haben. Ohne diese Metamorphose wären die Lösungen schwerer bis an den Werfener

Schiefer heraufgekommen. Das dicht über der Überschiebung des Kressenberges anstehende Erz erwies sich aber nur unwesentlich stärker deformiert als andere Siderite, was für präsideritische Überschiebung des Kressenberges und kleine postsideritische, posthume Bewegung auf der alten Schubbahn spricht.

Daß aber an großen Dislokationen posthume Bewegungen eingetreten sind, ist auch im Gebiet von Radmer feststellbar. So erweisen sich die Ankerite des Kirchenhübels in der Radmer stark deformiert; stark undulöse Auslöschung, verbogene Spaltrisse und Zwillingslamellen, zerbrochene Krystalle, Korngrenzen, mitunter besetzt von Zerreibungsprodukten. Auch am Redlichstollen findet man deformiertes Erz. Wieviel stärker der dortige, dichte Kalk präsideritisch umgeformt wurde, könnte vielleicht eine Gefügeuntersuchung erweisen.

Mineralisierung jünger als die kretazisch-tertiäre alpine Faltung.

Folgende Tatsachen sprechen dafür, daß die hier besprochenen Lagerstätten jünger als die kretazisch-tertiäre, alpine Faltung sind:

1. Am Erzberg. In eingefalteten Mulden der basalen Kalkbreccie des Werfener Schiefers sind die ausgewalzten Breccien nicht vererzt. Bei einer tief in Siderit eingreifenden schiefen Mulde erwies sich der Liegendschenkel als vererzt, der Hangendschenkel nicht. Neben den bis zu Kalkschiefer ausgeplätteten Triasbreccien solcher Mulden zeigt der Siderit sein normales Gefüge.

2. In der ganzen Grauwackenzone entspricht die räumliche Verteilung der Siderit- und Magnesitlagerstätten den primären Teufenunterschieden, ohne durch den (nach Spengler) kretazischen Deckenbau in der Grauwackenzone beeinflußt zu werden. Die Decken müssen also schon übereinandergelegen sein, als die Mineralisierung erfolgte.

3. Am Seekar in den Radstätter Tauern liegt über Jura-Triaskalken und Schiefern diaphthoritisierter Gneis. Die karbonspätigen Kupferkiesgänge in letzterem sind bei weitem nicht derart deformiert, wie es die Diaphthorite der überschobenen Gneisdecke erfordern würden. Der krasse Gegensatz im Gefüge zeigt, daß die Gänge erst nach der Überschiebung gebildet wurden. Da die Bewegung von S gegen N erfolgt ist, darf angenommen werden, daß irgendwo in der südlichen Nachbarschaft im mesozoischen Kalk der Unterlage reichere Gänge verborgen sind.

4. Die karbonspätigen Kupfererzgänge von der Mitterberger Alpe bei Bischofshofen folgen der Schieferung der Gesteine, die ihrerseits posttriasissch ist.

5. Bänderkalke, die nach Trauth's Feststellung mesozoischen Alters sind und als enge Mulden tief in die Radstätter Phyllite bei Wagrein eingefaltet sind, zeigen am Phyllitkontakt Vererzung, aber ohne ihrer tektonischen Lage gleichwertige Gefügedeformation.

6. Im Ortlergebiet dringt, wie Hammer feststellte, Magnesit und Eisendolomit von einer Verwerfung in Triaskalke ein.

7. Horwath beobachtete, daß die Kupfererzgänge von Serfaus im Engadin aus dem permischen Eisendolomit, der als Phakoid im Bündener Schiefer auftritt, auch in diese Schiefer, denen kretazisches Alter zugeschrieben wird, übersetzen.

8. Im Semmeringgebiet liegen die Eisenlagerstätten ohne einen Unterschied zwischen den übereinanderliegenden alttertiären Überfaltungsdecken zu machen, nebeneinander (siehe später).

Die Zusammenstellung zeigt, daß die Mineralisierung nach der austrischen oder alttertiären Gebirgsbildung erfolgt ist, daß insbesondere der Deckenbau der Alpen vollendet gewesen ist.

Prämittelmiozäne Siderite.

Über den Eisenerzgängen von Pitten liegt miozänes Konglomerat und Schotter. Der Kontakt ist in der Grube bisher nicht angefahren worden und ist aus begreiflichen Gründen zu meiden. Aber genau in streichender Fortsetzung des Ganges findet man östlich der Grube, an dem grün markierten Fußweg, der von Pitten in die Hinterbrühl im Leidingtal führt, Gerölle des mit Quarz durchsetzten Limonits. Als große Rollblöcke kann man solche Quarze mit limonitisiertem Siderit auch in dem miozänen Schotter finden, der am Stiefelrahmwege südöstlich von Walpersbach einen in der Richtung Kuhwald führenden Bergrücken bildet. W. E. Petrascheck hob hervor, daß die Diluvialschotter des Trofaiacher Beckens sehr reich an Limonitgeröll sind, und daß die miozäne Nagelfluh des Beckens von Leoben im Gegensatz hiezu frei davon ist. Der Gegensatz besteht zu Recht. Immerhin gelang es im Vorjahr Herrn Dr. Klingner auch in der Nagelfluh ein Limonitgeröll zu finden. Da die Nagelfluh reichlich Gerölle aus den Kalkalpen führt, kann man nur sagen, daß zur Zeit ihrer Bildung die Entblößung der Eisenerze noch nicht so weit vorgeschritten war, wie im Diluvium. Immerhin waren die Erze schon da.

Am Fuß des Reiting ist am Rand der Miozän Ausfüllung des Beckens von Trofaiach ein armes Toneisensteinvorkommen vorhanden, das in neuerer Zeit wieder bebaut wurde und als rote und gelbe Farberde Verwendung fand. Zwei Analysen, die ich der Gefälligkelt des Herrn Chemiker Seidler in Leoben verdanke, füge ich hier bei. Der Toneisenstein lagert dem erzführenden Kalk unmittelbar auf und greift auch in Spalten und Taschen des Kalkes ein. Die bis 20 *m* mächtige, gelbe Toneisensteinmasse ist von Klüften aus gerötet und zeigt infolgedessen sphäroidale Absonderung. Die gelben Kerne brausen mit Salzäure, die roten, oxydierten Teile nicht. In HCl gelöst, gibt das Material reichlichen Rückstand von amorpher Kieselsäure, in dem unter dem Mikroskop kleinste Quarzkörner sichtbar werden.

SiO_2.	24·05	26·35	CaO	0·84	3·65
Fe_2O_3	37·14	30·05	MgO	0·84	0·70
FeO ..		0·30	P_2O_5	0·16	
Al_2O_3 ..	22·24	22·25	SO_3	0·25	
Mn_3O_4	0·83	1·15	Glühverlust	13·06	15·05

Läge nur eine Verwitterungslagerstätte des Kalkes vor, so würde der gelbe Toneisenstein (Melinith) nicht kalkig sein. Ein Stollen erschloß mitten in der gelben Masse noch einen unveränderten Rest von grobspätigem Ankerit. Ein tieferer Stollen zeigt pisolitisches Brauneisenerz und die Halde eines noch tiefer im Miozänschieferton angesetzten Unterfahrungsstollens läßt darauf schließen, daß unter dem Miozän schließlich der Toneisenstein angefahren wurde. Daß nicht nur Verwitterungsprodukte, sondern auch Umlagerungsprodukte in den Toneisensteinen vorliegen, zeigen nicht nur der ansehnliche Tonerdegehalt, sondern auch sporadische Einschwemmungen von verkohltem Pflanzenhäcksel an.

Der Toneisenstein von Diernsdorf zeigt uns demnach eine miozäne Verwitterungslagerstätte auf ankeritisiertem Kalk an.

Die südliche Erzzone im Semmeringgebiet.

Schon die ältesten Forscher betonten, daß es im Semmeringgebiete außer der schon erwähnten Erzzone in der Grauwacke, noch eine südlichere Erzzone gibt. Sie verdient unsere besondere Beachtung, weil sie noch südlich der Magnesitzone liegt, also unerwartet zur zonaren Verteilung, wie sie eingangs besprochen wurde. Siegmund hat die älteren Beobachtungen zusammengefaßt und ergänzt. Mohr, dem man die tektonische Aufklärung des Nordostsporns der Alpen verdankt, hat allen Erzvorkommen daselbst besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Neue Aufschlüsse in Pitten, ebenso wie das Studium alter Halden und Einbaue ermöglichten einige Vervollständigungen.

In Pitten findet sich das Erz in dem Orthogneis, der durch seine porphyrischen Feldspate grobkörniges Gefüge, beziehungsweise Flaserung zeigt. Deutlich war in den letzten Jahren zu erkennen, daß das Erz die Schieferung verschneidet, also gangförmig auftritt. Dünne Apophysen von Erz im Nebengestein sind vorhanden. Der Serizitschiefer, der das Erz in der Grube begleitet, ist aus dem Orthogneis entstanden. Der Gang fällt gegen N ein und streicht annähernd parallel zu der eine beträchtliche Verwerfung darstellenden Gneis-Kalkgrenze. Dieser Kalk gehört zu den, der Kirchberger Decke auflagernden mesozoischen Semmeringkalken.

Der feinkörnige Siderit von Pitten ist reichlich durchsetzt von kleinen, scharf ausgebildeten Magnetitkryställchen. Er ist arm an Quarz. Aus oberen Teufen waren häufigere Einsprengungen von Kupferkies genannt worden. Der in den letzten Jahren erschlossene Tiefbau zeigte wenig davon. Der Magnetit, der dem Erze Ähnlichkeit mit Erzen von Innerkrems verleiht, ist hier wie dort disloka-

tionsmetamorph. Die Lagerstätte tritt im Bereiche intensiver, postmiozäner Zerstückelungen und Verstellungen auf.

Von Seebenstein und Scheiblingkirchen angefangen finden sich immer wieder bis zum Sonnwendstein und weiter Eisenerzvorkommen, die, wie Mohr's Karten zeigen, gerade an derselben Deckengrenze liegen. Immer halten sich die Erzvorkommen an die Grenze von Semmeringquarzit und (Jura)kalk. Es ist auffällig, daß sie nicht weiter in den Kalk hineingehen. In der Umgebung von Pitten sieht man zwar limonitische und eisenschüssige Semmeringkalke, es scheint mir jedoch unwahrscheinlich zu sein, daß diese mit der in Rede stehenden Vererzung etwas zu tun haben.

Beim Schabbauer, südlich vom Otterberge, ist schichtiger Eisendolomit vorhanden, in den Siderit und Quarz-Sideritgemenge zum



Fig. 6. Der südliche Eisenerzzug im Semmeringgebiet. Deckengrenzen nach Mohr. Die Lage der Fundpunkte ist von den Decken unabhängig.

Teil gangförmig eindringt. Am Erzkogel, neben dem Sonnwendstein, wird feinkrystalliner Kalk von grobspätigem, zum Teil pyrithaltigem Siderit durchadert und verdrängt, zum Teil liegt das Erz im Quarzit. Im Fröschnitzgraben bei Steinhaus ist es Quarzit, der von Limonit (Göthit) imprägniert ist. Hier scheint das Erz im Quarzit, der stark geschiefert ist, lagerförmig aufzutreten. Im porphyrischen oder flaserigen Augengneis tritt südlich vom Elektrizitätswerk in Steinhaus wieder das Eisenerz auf, und zwar als gänzlich limonitisierter, grobspätiger Siderit, oft rein, zum Teil auch von jüngerem Quarz durchsetzt. Das westlichste Vorkommen dieser Zone ist jenes im Tollmaiergraben bei Kapfenberg (Stiny).

Unmittelbar benachbart zu den Lagerstätten im Fröschnitzgraben und am Sonnwendstein finden sich sowohl im Fröschnitzgraben, wie bei Trattenbach Gänge von Siderit mit jüngerem Quarz, an letzterem Orte kupferkiesführend. Das Gefüge dieser Gänge ist absolut intakt. Aber auch die vorher besprochenen Lagerstätten an

der Deckengrenze zeigen keine tektonische Veränderung (Durchbewegung), außer die von Pitten erwähnte Magnetitbildung. Wir sehen also auch hier wieder die Lagerstätten nebeneinander ohne Rücksicht auf den jungen Deckenbau des Gebirges. Wir sehen Lagerstätten, die sich in nichts, als ihrer südlichen Lage von den vorher besprochenen Lagerstätten der Grauwackenzone unterscheiden. Es ergibt sich daraus der Schluß, daß das Gebiet des südlichen Erzzuges durch postsideritische Tektonik versenkt wurde.

Erklärt man mit Vendel die Leukophyllite als entstanden durch an Störungen aufsteigende, magnesiumhaltige Lösungen (der weithin verfolgbare schnurgerade Verlauf spricht in der Tat für Störungen), so stellen diese, wie schon eingangs erwähnt, sich gerade in der richtigen Lage als Vertreter der Magnesitzone ein. Auch diese Leukophyllite haben prämittelmiozänes Alter, denn im Braunkohlentertiär der Waldheimat waren vor Jahren massenhaft Gerölle des Leukophyllits sichtbar.

Wegen der Überlagerung durch das Braunkohlentertiär ist anzunehmen, daß die Absenkung der südlichen Erzzone älter als dieses ist.

Vererzung und Gipfelflur.

Die Annahme der Versenkung des Semmering-Wechselgebietes im Vergleich zur Grauwackenzone erfolgt auf Grund tektonischer Analyse der durch die Lagerstätten angedeuteten, prämittelmiozänen Isothermen. Brinkmann hat auf solche Möglichkeiten schon hingewiesen und hat sie zugleich verknüpft mit der Lage der Gipfelfluren. Brinkmann's Gedankengänge zeigen weitgehende Übereinstimmung mit den hier zum Ausdruck gebrachten. Auch Huttenlocher's Studien bewegen sich in ähnlicher Richtung. So erklärt auch Brinkmann die Ostabdachung der Alpen durch Senkung, was wohl auch allgemein zugegeben wird. Verglichen mit der Grauwackenzone bedeuten Sonnwendsteingebiet und Wechsel tektonische und orographische Hochgebiete. Solche Unstimmigkeiten zeigen, wie Brinkmann mit Recht betont, auf die Kompliziertheit des Auf und Ab der jungen Bewegungen in den Alpen.

In vieler anderer Hinsicht besteht, wie Brinkmann eindrucksvoll zeigt, eine auffallende Übereinstimmung zwischen Lagerstättenzonen und Lage der Gipfelflur. Die Beziehungen kommen noch klarer zum Ausdruck, wenn ältere Lagerstättengruppen, die von der Tektonik stark verlagert sind, außer Betracht bleiben und wenn den Magnesiten die hier betonte Stellung anschließend an die Siderite eingeräumt wird. Zutreffend deutete Brinkmann die Brennerfurche mit ihren Erzen. Das Gebiet der Stangalpe gibt sich auch in seiner Erzführung als eine hochliegende Scholle, die in der Umgebung der Abtragung verfallen ist, zu erkennen (vgl. Karte).

Alter der Lagerstätten.

Wir haben gesehen, daß die hier behandelten Lagerstätten älter sind als das Braunkohlenmiozän der Ostalpen. Wir hatten weiter erkannt, daß sie jünger sind als die kretazische Tektonik der Alpen und wahrscheinlich auch jünger als die alttertiäre Faltung, da die Lagerstätten nur die Spuren germanotyper Tektonik erkennen lassen, Bruchbildung, begleitet von lokaler Mylonitisierung. Das führt dazu, die Mineralisierung in das Oligozän oder ältere Miozän einzureihen.

Zugehöriger Vulkanismus.

Das hier festgelegte Alter gibt bereits einen Anhalt, mit welchen Eruptionen die behandelten Lagerstätten der Alpen in Verbindung zu bringen sind.

Einen weiteren Anhalt geben stoffliche Beziehungen. Überblicken wir alle Lagerstätten und berücksichtigen auch die meines Erachtens zugehörigen Blei-Zinklagerstätten der Trias (begleitet von Dolomitisierung des Nebengesteins!) und die Golderzgänge der Zentralzone, so zeigt sich, daß Eisen, Magnesia und Kieselsäure die Hauptmenge der durch thermale Aszension zugeführten Stoffe darstellen.

Dieselbe Mineralisation reicht, wie Huttenlocher gezeigt hat, in die Schweizer Alpen. Sie erstreckt sich weit in die Dinariden bis in die Gebiete Bosniens, sie reicht an der Innenseite des Karpathenbogens bis in die Nähe von Kaschau.

Ein in den Alpiden weit ausgebreiteter junger Vulkanismus hat also diese Metallprovinz entstehen lassen.

Die Dazite und Rhyolithe scheiden aus. Sie haben die Golderze von Siebenbürgen und Schemmnitz entstehen lassen, die Pb/Zn- und Cu-Erze des Rhodopegebirges usw. und sind jünger. Wir werden sonach zu den andesitischen Eruptionen geführt. Im Alter, in ihrer weiten Verbreitung, deren letzte Ausläufer noch in die Ostalpen gehen und der starken Förderung von Eisen und Magnesia liegen Hinweise auf die Andesite vor.

Angel und Heritsch haben kürzlich für den Zentralgneis der Tauern tertiäres Alter nachzuweisen gesucht. Es muß darum besonders erwähnt werden, warum die hier besprochenen Lagerstätten nicht auf diese Intrusionen bezogen werden. Jünger als die Schieferung des Zentralgneises sind O—W streichende Quarzgänge und noch jünger die NNO—SSW verlaufenden Golderzgänge. Bei Hollersbach kommt man zu ähnlichen Resultaten. Die Schieferhülle verqueren dort Aplitgänge, die zum Zentralgneis gehören und gleichfalls Schieferung aufweisen. Sie werden von den Bleizinkerzgängen geschnitten und noch jünger als diese ist ein N—S verlaufender Kupferkies führender Quarzgang. Die Erzgänge erweisen sich hierdurch als beträchtlich jünger als der Zentralgneis.

Erzlagerstätten der Schweizer Alpen.

Schon im westlichen Tirol läßt die Erzführung nach. Mehr noch ist das in der Schweiz der Fall. Die vom Semmering bis in das Montafon Vorarlbergs verfolgbare Erzzone findet merkwürdigerweise im Bereich der Bündner Schiefer keine Fortsetzung. Das paßt wenig zu den hier entwickelten Anschauungen der postorogenetischen Entstehung, jünger als der Deckenbau. Aus dem Engadin und der Silvretta setzt sich die Erzführung fort bis in den Prättigau. Erst im Gebiete des Simplons stellen sich wieder Gänge ein, die unverkennbare Ähnlichkeit mit den Tauern Goldgängen haben. Die Analogie wird vervollständigt durch die ihnen im N vorgelagerten Walliser Eisen- und Kupferlagerstätten. Allerdings zeigen diese schon eine höhere Metamorphose. Man wäre versucht, eine weitere Analogie in den nördlicher liegenden Blei-Zinkvorkommen zu suchen, wenn nicht Huttenlocher von diesen gezeigt hätte, daß sie präorogenetisch und stark durchbewegt sind.

Huttenlocher hat soeben (1931) darauf verwiesen, daß auch die westlichen Alpen eine Reihe von Erzlagerstätten zeigen, die durch die Orogenese vollständig unberührt geblieben sind und demnach als jünger gelten. Er erwähnt Golderzgänge vom Monte Rosa, Siderite und Kupfererze von Beaufort und Allevard, zwischen Belldonne und Mt. Blanc und von La Grave im Pelvouxmassiv, Lagerstätten, die zum Teil bis in den Dogger gehen. Er erwähnt schließlich die Blei-Zinkerze von Cocorier und Martigny im Unterwallis, hier im Autochthon auftretend.

Schon Brinkmann hat ausgesprochen, daß die jüngere alpine Orogenese der Schweizer Alpen Lagerstätten deformiert hat, die in den Ostalpen unverändert blieben, weil hier die jungtertiäre Gebirgsbildung sich auf einfachere Bruchfaltung beschränkt hat. Auch Huttenlocher kommt zu dem Ergebnis, daß wir nicht berechtigt sind, »auf Grund gewisser Mineralisierungs- und Gefügeeigenschaften zu entscheiden, ob eine Lagerstätte vor- oder nachalpin ist«. Das ist zutreffend, wenn man sagt, Durchbewegung ist noch kein Beweis für Alter. Wohl aber ist sich immer wiederholende Unberührtheit ein Beweis für Jugend.

Gerade die so viel Analogie zu den Lagerstätten der Grauwackenzone aufweisenden Eisen- und Kupfererze des Oberwallis zeigen stärkere Metamorphose. Sie liegen in einer mobilen Zone. Auch in den Ostalpen konnten wir feststellen, daß an großen Störungen posthume Bewegungen lokale Deformationen der Erzgefüge veranlaßt haben. Auch die Umgebung von Kitzbühel ist eine mobile Zone, in der alle Lagerstätten stärker gestört und auch verändert sind, als es sonst die Regel ist. Es ist aber unmöglich, deshalb den Kupfererzen von Kitzbühel eine Sonderstellung zuschreiben zu wollen.

Die gegen W abnehmende junge Mineralzufuhr im alpinen Orogen erklärt sich zwanglos aus der zunehmenden Entfernung vom Herde der andesitischen Magmaergüsse.

Bemerkungen zur Übersichtskarte.

Von den Übersichtskarten der alpinen Erzvorkommen, wie sie von verschiedenen Autoren veröffentlicht worden sind, unterscheidet sich die beiliegende tektonische Skizze in der Beschränkung auf die miozäne Minerogenese. Die Weglassung der älteren Lagerstätten läßt die Zonenfolge deutlicher hervortreten. Sie würde bei größerem Maßstab noch sinnfälliger sein. Weggelassen wurden die unzweifelhaft jungen Antimon- und Quecksilbervorkommen, weil es nicht klar ersichtlich ist, an welche Erzbildungsperiode sie anzuschließen sind.

Die Regelmäßigkeit der Zonen ist keine vollkommene. Postsideritische Tektonik, wie sie vom Semmeringgebiet und der Stangalpe erwähnt wurde, macht sich hie und da auch im Gebiete der Grauwackenzone und namentlich in der Umgebung von Kitzbühel bemerkbar. Überdies fehlt es nicht an Einschiebungen (Telescoping) äußerer Zonen im Bereich innerer, wenngleich diese seltener in den Alpen als in manchen anderen Erzgebieten sind.

Augenfällig zeigt die Karte auch den unbeirrten Übertritt der alpinen Lagerstätten in die Dinariden, ein Beweis, daß die Verschweißung beider Gebirge vorsideritisch ist. Bemerkenswert ist ferner die geringe Entwicklung der Siderit- und Magnesitzonen nördlich vom Drauzug und den Karawanken. Die jüngere Nordbewegung der Gebirge und die Auflagerung jungtertiärer Sedimente sind die Ursache hiefür.

Zusammenfassung.

Die Magnesite, Siderite und auch die karbonspätigen Kupfererze (einschließlich einzelner Nickelvorkommen) wie sie hauptsächlich, aber nicht nur in der Grauwackenzone, entwickelt sind, stellen eine einheitliche und genetisch zusammengehörige Minerogenese dar, gleichgültig ob sie in Gestalt von metasomatischen oder gangförmigen Lagerstätten auftreten. Gleiche Mineralsukzession und stoffliche Übergänge verknüpfen sie.

Diese Lagerstätten sind weder auf bestimmte stratigraphische Horizonte, noch auf bestimmte tektonische Einheiten beschränkt.

Primäre Teufenunterschiede, wie sie hie und da erkennbar sind, harmonieren mit der zonaren Anordnung und zeigen, daß diese nur kleine Ausschnitte aus jener sind.

Überall zeigen die Lagerstätten ihr Primärgefüge, wie namentlich an den Drusenausfüllungen und der deutlich erhaltenen Gangmetasomatose zu erkennen ist. Eine Rekrystallisation oder Metamorphose der ganzen Lagerstätten ist mithin ausgeschlossen. Lokale Deformationen, Mylonitisierungen der Erze kommen vor, nie aber solche ganzer Lagerstätten. Diese Mylonitisierungen beweisen, daß es an jüngeren Bewegungen nicht gefehlt hat, wiederholt erweisen sich diese als kleine, posthume Bewegungen auf großen, alten Bahnen.

Pitten und Innerkrems dagegen zeigen in der ganzen Lagerstätte dislokationsmetamorphe Magnetitneubildung. Der hie und da auftretende Eisenglanz ist deszendent.

Daß die Lagerstättenzonen wiederholt durch verschiedene Decken hindurchsetzen, daß ihr unversehrtes oder kaum versehrtes Gefüge auffällig kontrastiert zu dem Gefüge und der tektonischen Fazies, die beim Deckenbau in den Nebengesteinen entstanden ist, beweist, daß diese Lagerstätten jünger als der Deckenbau sind. Dies gilt auch für die Pb/Zn-Erze der Trias und die Golderze der Zentralzone, zu welchen beiden die vorgenannten Lagerstätten gleichfalls in genetischer Beziehung stehen.

Geröllführung und Verwitterungsprodukte beweisen, daß die Lagerstätten älter als das inneralpine Braunkohlenmiozän sind. Da sie jünger als der noch in das Alttertiär reichende Deckenbau sind, ist ihre Entstehung in das ältere Miozän zu verlegen. Mit Rücksicht auf die regionale (Karpathen, Dinariden) Verbreitung dieser Lagerstättentypen und mit Rücksicht darauf, daß SiO_2 Fe und Mg die Hauptmengen des Inhalts darstellen, werden diese Lagerstätten als Begleiterscheinungen der andesitischen Eruptionen betrachtet.

Literatur.

F. Aigner, Die Kupferkiesbergbaue der Mitterberger Kupfer-A.-G. Berg- u. hüttenmänn. Jahrb. (Leobener), Bd. 78, 1930.

E. Angel, Die Gesteine vom steirischen Erzberg. Mitt. d. naturwiss. Vereins Steiermark, 64/65, 1929.

R. Brinkmann, Gipfelflur und Lagerstättenstockwerke in den Alpen. Nachr. d. Ges. d. Wiss. Göttingen, math.-naturw. Klasse, 1928.

H. Buttmann, Die Kupferkieslagerstätten von Mitterberg. Diss., Freiberg 1913.

R. Canaval, Das Magnesitvorkommen von Trens bei Sterzing. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1912.

E. Clar, Die Gefügeregelung eines Bändermagnesits. Jahrb. d. Geol. B.-A. in Wien, 81, 1931.

F. Cornu, Die Minerale der Magnesitlagerstätte des Sattlerkogels (Veitsch). Zeitschrift f. prakt. Geol., 1908.

B. Duftschmid-Wilser, Probleme aus der nördl. Grauwackenzone der Ostalpen. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges., 82, 1930.

H. Haberfellner, Die Eisenerzlagerstätten im Zuge Lölling—Hüttenberg—Friesach in Kärnten. Berg- u. hüttenmänn. Jahrb. (Leobener), Bd. 76.

G. Hießleitner, Das Nickel-Kobalterzvorkommen Zinkwand-Vöttern b. Schladming. Berg- u. hüttenmänn. Jahrb. (Leobener), 77, 1929.

— Zur Geologie der Umgebung des steirischen Erzberges. Jahrb. d. Geol. B.-A. in Wien, 79, 1929.

— Zur Geologie der erzführenden Grauwackenzone von Radmer bei Hieflau. Daselbst, 81, 1931.

A. Himmelbauer, Der petrographische Aufbau d. österr. alpinen Salzlagerstätten. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., 140, 1931.

Huttenlocher, Zur Kenntnis verschiedener Erzgänge aus dem Penninikum. Schweiz. min. u. petr. Mitt., V., 1924.

— Metallogenese u. Metallprovinzen der Alpen. Metall u. Erz, 1926.

— Die Blei-Zinklagerstätten von Goppenstein, Wallis. Beitrag Geol. der Schweiz, geotechn. Serie. XVI., 1931.

Kuhara, Experiments on hydrothermalprecipitation of Magnetite and Haematite. Japan. Journ. of Geol., IV.

A. Kern, Zur geol. Neuaufnahme des steirischen Erzberges. Berg- u. hüttenmänn. Jahrb. (Leobner), 75, 1927.

E. Kittl, Das Magnesitlager der Hohenburg zwischen Trofaiach und Oberdorf a. d. Laming. Verhandl. d. Geol. B.-A. in Wien, 1919.

Klähn, Süßwasserkalkmagnesiagesteine und Kalkmagnesiasüßwässer. Chemie der Erde, Bd. III, 1928.

M. Kraus, Über einige alpine Erzlagerstätten. Bergbau u. Hütte, 1916.

Machatschki, Magnesit von Gr.-Reifling. Zentralbl. f. Min. usw., 1922.

H. Mohr, Zur Tektonik u. Stratigraphie der Grauwackenzone zwischen Semmering u. Wechsel. Mitteil. d. Geol. Ges. in Wien, 3, 1910.

— Zur Entstehungsfrage der alpinen Spatmagnesite. Tschermak's Min. u. petr. Mitteilungen, 38, 1925.

H. Michel, Die goldführenden Erze der Hohen Tauern. Daselbst. Bd. 38, 1925.

Ohnesorge, Aufnahmebericht. Verhandl d. Geol. B.-A. in Wien, 1923.

W. E. Petrascheck, Die mechanischen Gesetzmäßigkeiten der Bruchtektonik Bleiberg (Kärnten). Zentralbl. f. Min. usw., 1931, Abt. B.

W. Petrascheck, Metallogenetische Zonen den Ostalpen. Comptes rendus, Congr. geol. int. Madrid, 1926.

W. Petrascheck, Führer z. Exkursion Veitsch—Erzberg. Mitt. d. Wiener Geol. Ges., 1928.

K. A. Redlich, Alter und Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der steirischen Alpen. Jahrb. d. k. k. Geol. R.-A. in Wien, 53, 1903.

Die Genesis der Pinoltmagnesite, Siderite u. Ankerite d. Ostalpen. Tschermak's Mitteil., 26.

— Bergbaue Steiermarks, VIII: Eisensteinbergbaue der Umgebung von Payerbach-Reichenau. Berg- u. hüttenmänn. Jahrb., 55, 1907.

— Zwei neue Magnesitvorkommen in Kärnten. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1908.

Entstehung u. Vorkommen d. Magnesits. Dölter's Handbuch der Mineralchemie, Bd. I, 1911.

— Der Karbonzug der Veitsch. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1912.

— Der steirische Erzberg. Mitteil. d. Wiener Geol. Ges., 9, 1916.

— u. Stanczak, Die Erzvorkommen d. Umgebung von Neuberg u. Gollrad. Mitt. d. Wiener Geol. Ges., 15, 1922.

(mit Karte von Jungwirth u. Lackenschweiger) Der Erzzug Vordernberg—Johnsbachtal. Daselbst.

und Preclik, Zur Tektonik und Lagerstättengenesis des steirischen Erzberges. Jahrb. d. Geol. B.-A. in Wien, 80, 1930.

M. Rosza, Differenzierungserscheinungen an sedimentären Karbonatgesteinen. Kali, 19, 1925.

J. Rumpf, Über krystallisierte Magnesite aus den niederösterr. Alpen. Jahrb. d. Geol. R.-A. in Wien, 1873, Min. Mitt.

F. Schwarz, Eine Unterscheidung von Siderit und Ankerit durch Anfärben. Zeitschrift f. prakt. Geol., 1929, p. 190.

— Färbe- u. Ätzversuche an Magnesit und Dolomit. Berg- u. hüttenmänn. Jahrb. (Leobener), 78, 1930.

Beitr. z. min. u. geol. Charakteristik der Lagerstätte Leogang. Berg- u. hüttenmänn. Jahrb., 78, 1930.

E. Spengler, Über d. Tektonik der Grauwackenzone südl. der Hochschwabgruppe. Jahrb. d. Geol. B.-A., 1926.

— Warum liegt die weitaus größte Sideritlagerstätte der Grauwackenzone gerade am Erzberg. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1926.

A. Tornquist, Perimagmatische Typen ostalpiner Erzlagerstätten. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, 139, 1930.

Fr. Ulrich, Gisement de Rutile dans les Filons de Siderite près de Roznawa en Slowakie. Bull. intern. ac. sc. de Boheme, 1928.

M. Vendl, Die Geologie der Umgebung von Sopron. Mitteilungen der berg- u. hüttenmänn. Abtlg. der kgl. ungar. Hochschule für Berg- u. Forstwesen zu Sopron, Bd. I, 1929.
